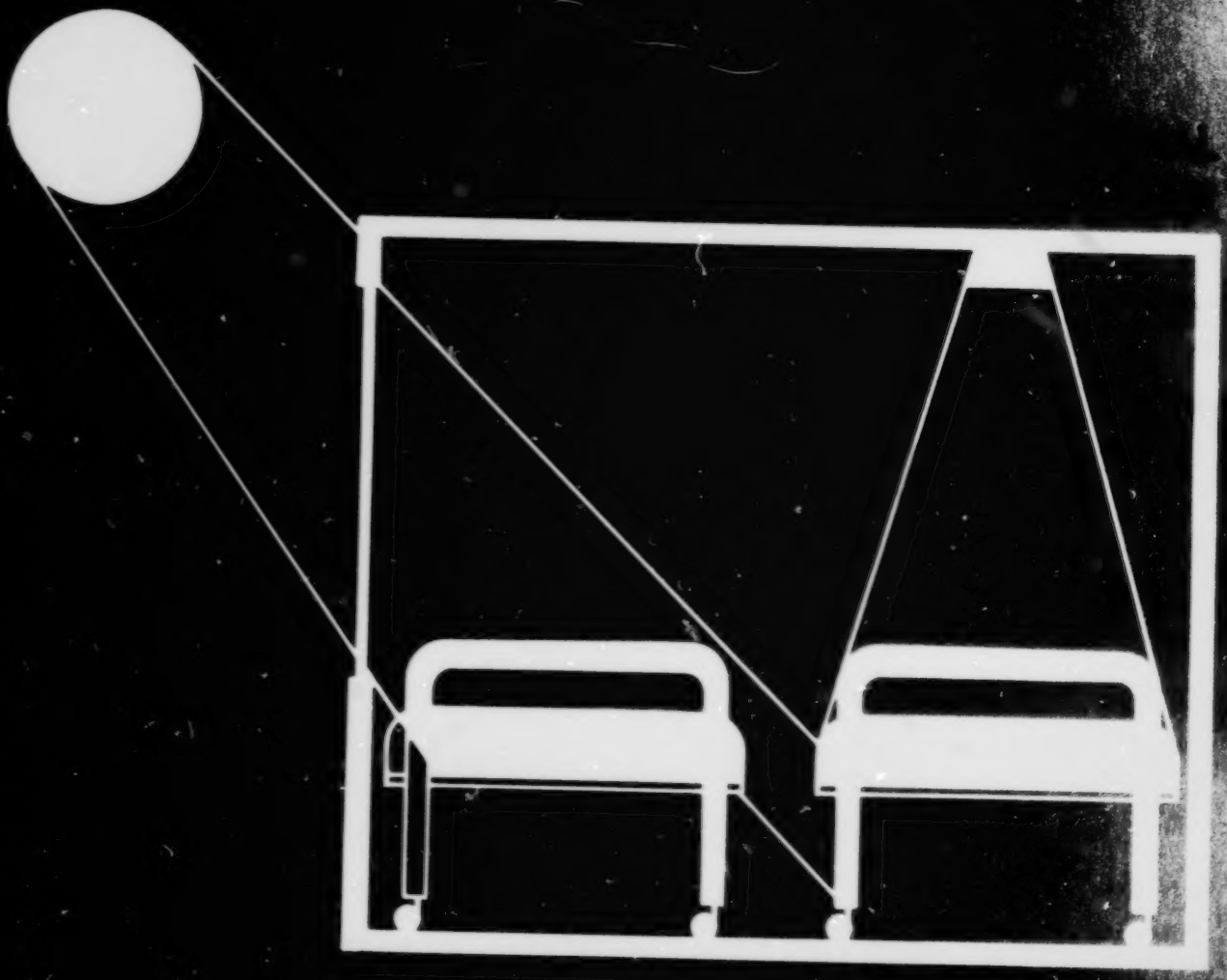


Canada

85-1849

# SYMPOSIUM NATIONAL
# SUR LE DESIGN D'ÉCLAIRAGE DANS LES HÔPITAUX
# LES 15 et 16 MARS 1983, OTTAWA

Division de la Planification des établissements de Santé

Santé et Bien-être social Canada

La Société Canadienne d'Ingénierie Hospitalière

# BIENVENUE

**T.M. Ogrodnik M. Arch.**
**Directeur, Division de la Planification**
**des établissements de santé**
**Santé et Bien-être social**
**Canada**

Bienvenue au nom de la Division de la Planification des établissements de santé (PES) de Santé et Bien-être social Canada, et au nom de la Société canadienne d'Ingénierie hospitalière (SCIH), qui a collaboré avec ma division (PES) à l'élaboration et à l'organisation de ce symposium.

Puisque M. Callan, en sa capacité de président de la SCIH, voudra sans doute vous parler en peu au sujet de cette société, mes remarques porteront uniquement sur le domaine d'activité (et d'influence, espère-t-on) de PES.

PES a essentiellement deux programmes dont elle s'occupe actuellement:

- l'élaboration de lignes directrices pour la planification et la conception d'établissements de santé, et

- recherches sur l'influence que peut avoir le design sur la santé et le bien-être de l'usager des locaux.

Le premier programme comprend des recherches sur les techniques novatrices de planification et de conception, les matériaux de construction et le fonctionnement efficace des hôpitaux; il comprend des études sur la conservation de l'énergie tant au niveau de la conception qu'à celui des procédures d'exploitation de l'hôpital; il comprend également la mise sur pied d'une base de données nationale pour la planification et la conception des établissements de santé.

Le deuxième programme concerne l'étude des relations qu'il y a entre la personne (homme ou femme) et son milieu physique (les locaux). Ce programme est fondé sur notre engagement visant à favoriser la santé grâce à une conception "correcte" du milieu physique.

Notre mandat en ce qui concerne les rapports fédéraux-provinciaux-secteur privé, pourrait s'exprimer en modifiant la célèbre phrase du président Roosevelt ("il faut être modéré dans la parole mais toujours prêt à employer les grands moyens"), qui deviendrait alors: "il faut parler de façon convaincante et donner les grands moyens aux personnes qui savent s'en servir".

Ce symposium sur le design d'éclairage dans les hôpitaux, comme vous l'avez sans doute déjà remarqué en regardant le programme, concerne

les deux activités fondamentales de la Division de la PES. En effet, il a trait à la technologie conceptuelle de l'éclairage ainsi qu'au bien-être des systèmes ergonomiques visuels et non visuels.

Ce symposium examine certains éléments critiques de la conception des systèmes dans les hôpitaux; il analyse et évalue les principes de base ainsi que certains concepts nouveaux visant à résoudre les problèmes.

Ce symposium a pour thème: "ÉCLAIRAGE HOSPITALIER POUR LE MALADE: PRIORITÉS ET CONFLITS DE CONCEPTION".

Le programme portera essentiellement sur la performance visuelle, l'influence de la couleur sur l'éclairage, les sources existantes et nouvelles de lumière artificielle ainsi que leur efficacité, les aspects psychologiques du milieu visuel, le rendement énergétique du système d'éclairage, les problèmes dans le domaine de l'éclairage, les normes et codes d'éclairage pour les hôpitaux, l'analyse des frais d'entretien et du coût du cycle de vie des systèmes d'éclairage.

Mentionnons encore que ce symposium a été précédé par un autre congrès en 1981. C'est dommage que les actes du "Congrès sur l'éclairage, la santé et le design" ne vous soient pas parvenus avant le présent symposium, car ils auraient pu vous offrir une perspective supplémentaire des questions dont vous vous occuperez ici.

Cependant, au cours des deux prochains jours, j'espère que vous allez acquérir quelques connaissances supplémentaires; j'espère également que vous saurez partager librement les connaissances que vous avez avec ceux d'entre nous qui en sont moins amplement dotés.

Je vous souhaite donc la bienvenue ainsi qu'un symposium réussi!

# INTRODUCTION

**Harry Callan Ing. P.,**
**Expert-conseil, Génie électrique, PES, SBSC**

L'Éclairage tant naturel qu'artificiel joue un rôle important dans la vie du malade hospitalisé. Ce rôle multiple a trait aux nombreuses interactions du patient avec son milieu lumineux en ce qui concerne sa santé, sa sécurité, son confort, son bien-être mental et son moral ainsi que la qualité du traitement médical qu'il reçoit et la rapidité avec laquelle il se rétablit.

C'est pourquoi les planificateurs et concepteurs d'établissements de santé ont une responsabilité de taille: s'assurer que le système d'éclairage de l'hôpital est planifié, conçu, construit et contrôlé de manière à fonctionner à son rendement maximal. Il importe que la performance d'ensemble du système d'éclairage permette d'améliorer les services fournis aux malades dans le domaine du diagnostic, du traitement médical et des soins professionnels.

Ce symposium a pour but d'examiner certains éléments critiques de la conception des systèmes d'éclairage hospitalier et d'analyser et d'évaluer les principes de base ainsi que certains concepts nouveaux permettant de solutionner les problèmes d'éclairage.

Les conférenciers qui présenteront les exposés et participeront aux discussions sont des professionnels possédant une vaste gamme d'expérience et de connaissances spécialisées. Ils représentent des chercheurs, enseignants, conseillers en planification, concepteurs, fabricants et usagers de systèmes d'éclairage. Le programme offre d'excellentes possibilités à tous les participants pour examiner et évaluer les concepts d'éclairage actuels, puis de discuter et d'évaluer à fond la manière dont on solutionne les problèmes actuels de "conception/utilisation".

J'aimerais remercier sincèrement tous les conférenciers de leur effort de préparation des exposés. D'après ce que j'ai vu de leur travail, je suis certain que les deux journées qui nous attendent seront des plus stimulantes et utiles.

En tant que président de la S.C.I.H., j'aimerais souhaiter à tous la bienvenue ainsi qu'une conférence des plus productives.

## TABLE DES MATIÈRES


Page

**REMARQUES D'OUVERTURE:**

MOT DE BIENVENUE
T.M. Ogrodnik, M. Arch.,
Directeur, Division de la Planification des établissements de santé — i

INTRODUCTION
Harry Callan, Ing. P.,
Expert-conseil, Génie éléctrique, PES, SBSC — ii

**EXPOSÉS PRÉSENTÉS**

PRINCIPES FONDAMENTAUX D'ÉCLAIRAGE
M. Bassett, Ing.P., Professeur associé,
Département de Génie éléctrique, Université de Toronto — 1

L'OEIL HUMAIN ET SES CARACTÉRISTIQUES
W. Adrian, Ph.D., Professeur,
École d'optométrie,
Université de Waterloo — 13

PARAMÈTRES D'EFFICACITÉ VISUELLE
M. Rea, Ph.D.,
Division des recherches en Bâtiment,
CNR, Ottawa — 29

LES ASPECTS PSYCHOLOGIQUES DE L'ENVIRONNEMENT VISUEL
R. Lakowski, Ph.D, Professeur
Département de Psychologie
Université de la Colombie-Britannique — 37

L'IMPACT DE LA COULEUR SUR LA VISION
A. Robertson, Ph.D.,
Division de la Physique,
CNR, Ottawa — 49

L'ÉCLAIRAGE ET LA SANTÉ
R. Corth, Ph.D.,
Westinghouse Electric Corporation — 65

MOYENS ET SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE
M. Timmings, Spécialiste, Mise en marché technique,
Compagnie générale électrique du Canada — 73

LA CLARTÉ DU JOUR
E. Wotton, Ing.P., Concepteur et
expert-conseil en éclairage,
Toronto 89

DESIGN DE L'ÉCLAIRAGE DES HÔPITAUX
H. MacDiarmid, Ing.P., Ingénieur-conseil,
Winnipeg 99

NORMES ET CODES D'ÉCLAIRAGE POUR LES HÔPITAUX
Lakis Ellinas , Ing.P., Direction de la Planification
des établissements de santé,
Ministère de la Santé, Ontario 109

LA GESTION DE L'ÉNERGIE DANS L'ÉCLAIRAGE DES HÔPITAUX
A. Levy, Ph.D., Directeur de la mise au point et de
la commercialisation, Engineering Interface Ltd.,
Willowdale 143

SOINS INFIRMIERS ET ÉCLAIRAGE
M. Daechsel, Infirmière enregistrée 149

CONCEPTEURS EN ÉCLAIRAGE D'HÔPITAUX - EXPÉRIENCES VÉCUES
L'esthétique de l'éclairage d'hôpitaux
S. Mahanti, Ing.P., D.W. Thompson Consultants Ltd.,
Vancouver 157

L'ÉCLAIRAGE POUR LES MALADES
N. Leipciger, Ing.P., Okins,
Leipciger, Cuplinskas, Kaminker & Associates Ltd.
Toronto, Ontario 169

DESIGN D'ÉCLAIRAGE
K. Loach, Ing.P.,
H.H. Angus & Associates Ltd.,
Toronto 185

EXEMPLES D'ÉCLAIRAGE D'HÔPITAUX
John Chandler, B. Arch., Associé - Bregman & Hamann
Architects and Engineers, Toronto 199

**PARTICIPANTS**

J.H. Lester Addie,
Design Engineer,
John H.L. Addie Ltd.,
466 Shediac Road,
Moncton, N.B.
E1A 2T1

Dennis Anderson
Directeur des services auxiliaires
Centre hospitalier Rouyn-Noranda
4, 9ième Rue
Noranda (Québec)
J9X 2B2

Jacques A. Bernier
Ingénieur
De Guise Bernier Et Associates Inc.
10087 Boule. St-Laurent
Montréal (Québec)
H3L 2N5

John B. Bisset,
Chorley & Bisset Ltd.,
521 Colborne Street,
London, Ontario.
N6B 2T6

Robert Blair,
Director of Plant & Maintenance,
Western Memorial Hospital,
St. John's, Newfoundland.
H2A 6J7

Keith Blakley,
Director,
Porperty & Building,
Regina General Hospital,
1440-14th Avenue,
Regina, Saskatchewan.
S4P 0W5

Geoffrey Booth,
Booth/Kangas Architects,
431 Gilmour St.,
Ottawa, Ontario.
K2P 0R5

Gerard Boudreau,
Maintenance Supervisor,
Hotel Dieu Hospital,
Kingston, Ontario.

Ross R.J. Boyle,
Architect,
J.H. Cook Architects & Engineers,
400 1011 Glenmore Trail S.W.
Calgary, Alberta.
T2V 4R6

Gerry Brennan,
Director of Construction,
Department of Health,
Joseph Howe Building,
P.O. Box 760,
Halifax, Nova Scotia.

David Brindle,
Project Architect,
Bobrow/Thomas & Associates,
1001 Westwood Blvd.,
Los Angeles, Cal.
90405

A.B. Brogden,
Chorley & Bisset Ltd.,
521 Colborne St.,
London, Ontario.
N6B 2T6

David Brown,
Project Architect,
Graham McCourt Architects,
10409 98 St.,
Grande Prairie, Alberta.

Robert Brunette,
Maintenance Electrician,
Inuvic General Hospital,
Inuvic, N.W.T.

Glenn Brunt,
F.C. O'Neill Scriven & Associates,
1694 Robie St.,
Halifax, N.S.
B3H 3E7

Peter H. Catoen,
Director of Planning,
Sunnybrook Medical Centre,
Toronto, Ontario.

Charles Cheng,
Lighting Engineering & Application
Assistant,
Philips Electronics Ltd.,
601 Milner Avenue,
Scarborough, Ontario.
M1R 1M8

Clyde Clarke,
Bond Architects & Engineers Ltd.,
P.O. Box 6900,
St. John's, Newfoundland.
A1C 6H3

I.S. Cooper,
SWR Engineering Ltd.,
40 University Avenue,
Toronto, Ontario.
M5J 2G3

Georges Corbeil,
Plant & Maintenance Manager,
St. Mary's General Hospital,
Kitchener, Ontario.

A. Corriveau,
Chef. Ing.,
8040 - 9 ave.
Montréal, Québec.
H1Z 2Y9

Hollie V. Craig,
ADI Limited,
P.O. Box 44,
Fredericton, N.B.
E3B 4Y2

Neil C. Crane,
Director,
Plant Engineering,
The Greater Niagara General Hospital,
5546 Portage Road,
P.O. Box 1018
Niagara Falls, Ontario.
L2E 6X2

Victor Dale,
Director,
Facilities Planning and Construction,
Saskatchewan Hospital Services Plan,
3475 Albert St.,
Regina, Saskatchewan.
S4S 6X6

Bernard Demers
Chef des biens meubles et immeubles
Centre hospitalier Rouyn-Noranda
4, 9ième Rue
Noranda (Québec)
J9X 2B2

Harry Dowhan,
Vice President,
AME Engineering,
Suite 700,
10160-112th St.,
Edmonton, Alberta.
T5K 1M3

Wesley Drodge,
Project Coordinator,
Moncton General Hospital,
135 MacBeath Avenue,
Moncton, N.B.
E1C 6Z8

Robert Edge,
Supervisor,
The Peterborough Civic Hospital,
899 Weller St.,
Peterborough, Ontario.
K9J 7C6

Hector Farley,
Saint-Vincent Hospital,
60 Cambridge,
Ottawa, Ontario.
K1R 7A5

George Felgate,
Philips Electronics Ltd.,
1001 Elsmere Road,
Scarborough, Ontario.
M1T 2W7

Adrian Fisher,
Electrical Estimator/Designer,
Statistics Canada,
Jean Talon Bldg.,
13th Floor,
Tunney's Pasture,
Ottawa, Ontario.

F.W. Fossey,
Electrical Engineer,
Saskmont Engineering,
3311 Circle Centre Mall,
8th St. E.,
Saskatoon, Saskatchewan.
S7H 4K1

Cos Gabrielle,
Cohos, Evamy & Partners,
Suite 200,
902-11th Avenue S.W.,
Calgary, Alberta.
T2R 0E7

Ralph H. Gillis,
Principal Engineer,
Eastcan Consultants Ltd.,
Consulting Professional Engineers,
175 Henri Dunant Street,
Moncton, N.B.
E1E 1E4

Kathy Ginn,
Consultant,
Agnew, Peckham and Associates,
200 St. Clair Ave. W.,
Toronto, Ontario.
M4V 1R1

Georges Gosselin,
Directeur Général,
Hôpital Saint-Michel,
8040 - 93 avenue,
Montréal, Québec.
H1Z 2Y9

Phil Gourdine,
Electrical Supervisor,
Ottawa General Hospital,
501 Smith Road,
Ottawa, Ontario.
K1H 8L6

Douglas C. Haldenby,
Architect,
Mathers & Haldenby Architects,
10 St. Mary Street,
Toronto, Ontario.
M4Y 1P9

Thomas A. Harshaw,
President,
McGregor-Allsop Ltd.,
1295 Bellamy Road N.,
Scarboro, Ontario.
M1H 1H9

Francis J. Hatch,
Maintenance Supervisor,
Sherbrook Hospital Centre,
375 Argyle St.,
Sherbrook, Quebec.
J1J 3H5

Peter Hanley,
Head, Electrical Section,
BFH Shawinigan,
130 Slater St.,
Suite 300,
Ottawa, Ontario.

J.M. Helfrich,
President,
Angus, Butler Engineering,
1112 Morgan Avenue,
Saskatoon, Saskatchewan.

Douglas Hoddinott,
Director of Maintenance.
Janeway Child Health Centre,
Newfoundland Drive,
St. John's, Newfoundland.

W. Hoffman,
Electrical Superintendent,
National Defence Medical Centre,
Ottawa, Ontario.

Don Hutchings,
Maintenance Supervisor,
Great War Memorial Hospital,
Perth, Ontario.

Burchell James,
Maintenance Supervisor,
St. Joseph's Health Centre,
3- The Queensway,
Toronto, Ontario.
M6R 1B5

Gilles Joanisse,
Saint Vincent Hospital,
60 Cambridge,
Ottawa, Ontario.
K1R 7A5

Barry Jones,
Electrical Technician,
2460A Marine,
West Vancouver, B.C.

Marvin Jones,
Chief Electrician,
Camp Hill Hospital,
1763 Robie St.,
Halifax, Nova Scotia.
B3N 3G2

Kalevi Kangas,
Booth/Kangas Architects,
431 Gilmour St.,
Ottawa, Ontario.
K2P 0R5

Harvey Kehoe,
Chief Engineer,
New Waterford Consolidated Hospital,
716 King St.,
New Waterford, Nova Scotia.
B1H 3Z5

Tom Kennedy,
Electrician,
Ongwanada Hospital,
117 Park St.,
Kingston, Ontario.

Greg Kuzmenko,
Chedoke McMaster Hospitals,
Box 2000,
Station A,
Hamilton, Ontario.

Tom Langan,
Plant Superintendent,
Kitchener-Waterloo Hospital,
835 King St. W.,
Kitchener, Ontario.

David Lee,
Lamb, McManus Associates Ltd.,
1011 Glenmore Trail S.W.,
Calgary, Alberta.
T2V 4R6

Brian G. Lockhart,
Vice President,
McKee Lockhart & Associates Ltd.,
307-1300 Carling Avenue,
Ottawa, Ontario.
K1A 7L2

Emile Maurice,
Chef du Service des biens meubles,
immeubles et de sécurité
Centre hospitalier Fleury
2180 Est, rue Fleury
Montréal (Québec)
H2B 1K3

Jerry Miller,
Fiset, Miller, Vinois Architects,
1980 Sherbrook St. W.,
Montreal, Quebec.
H3H 1E8

John Moolenbeek,
Head,
Medical Facility Design Section,
National Defence Headquarters,
101 Colonel By Drive,
Ottawa, Ontario.

John McHardy,
Electrical Foreman,
Ottawa Civic Hospital,
1053 Carling Avenue,
Ottawa, Ontario.
K1Y 4E9

Sylvia J. McLeod,
Partner,
Atkinson/McLeod Design Consultants,
211 Yonge Street,
Suite 600,
Toronto, Ontario.

Dominic Pastore,
Smith, Hinchman & Grylls Associates Ltd.,
455 West Fort Street,
Detroit, Michigan,
48226

Ernie Patton,
Architect,
205 9th Avenue S.E.,
Calgary, Alberta.

Edmond Pinard
Directeur de Services auxilliaires
Hôpital Rivière des Praries
Montréal (Québec)

Phyllip Pressey,
St. Thomas Psychiatric Hospital,
P.O. Box 2004,
St. Thomas, Ontario.
N5P 3V9

J. Rai,
Department of National Defence,
DARCH 4,
101 Colonel By Drive,
Ottawa, Ontario.
K1A 0A2

Louis Roy,
Coordinator,
Royal Victoria Hospital,
687 Pine Ave. West,
Montreal, Quebec.

W.G. Samms,
Woodstock General Hospital,
370 Riddel St.,
Woodstock, Ontario.

Jenny U. Sarkar,
Interior Designer,
Metro Calgary & Rural General Hospital,
District 93,
Calgary, Alberta.

Jean H. Scott,
Ingénieur,
410 Des Recollets,
Montréal, Québec.
H2Y 1W2

E.C. Spratt,
President,
Spratt & Associates,
Electrical Engineering Ltd.,
204-2659 Douglas St.,
Victoria, B.C.
V8T 4M3

Anthony A.C. Staples,
Architect,
Architects Four Ltd.,
132 Weldon St.,
Moncton, N.B.
E1C 5W2

Joel Tepper,
Electrical Engineer,
Design and Construction Branch,
Alberta Hospitals and Medical Care,
P.O. Box 2222,
11010-101 Street,
Edmonton, Alberta.
T51 2P4

Roger Thibault,
Directeur de la Planification,
Centre Hospitalier Elizabeth Bruyere,
45 Bruyere,
Ottawa, Ontario.

Gerald Thibodeau,
Plant & Construction Supervisor,
St. Mary's Hospital,
3830 Lacombe Avenue,
Montreal, Quebec.

Arthur Townend,
Architect,
Townend, Stefura, Baleshta and
Nicholls Architects,
255 Larch St.,
Sudbury, Ontario.
P3B 1M2

B. Turkewitsch,
Govan, Kaminker, Keenleyside, Wilson,
Milne, Praetorius, Slauenwhite, Stevenson,
1295 Bellamy Road N.,
Scarborough, Ontario.
M1H 1H9

Fred Vanduyvenbode,
Van Desco & Associates,
169 The West Mall,
Etobicoke, Ontario.
M9C 1C2

William Vanidour,
St. Thomas Psychiatric Hospital,
P.O. Box 2004,
St. Thomas, Ontario.
N5P 3V9

T.H. Woolhouse,
Reid, Crowther & Partners Ltd.,
Consulting Engineers & Planners,
Calgary, Alberta.

# PRINCIPES FONDAMENTAUX D'ÉCLAIRAGE

**M. Bassett, Ing.P.,**
**Professeur associé,**
**Département de Génie électrique,**
**Université de Toronto**

Il existe quelques principes fondamentaux concernant la nature physique de la "lumière" et son interaction avec divers détecteurs, principes que doivent connaître les concepteurs d'éclairage.

Du point de vue physique, la lumière est de l'énergie de rayonnement; elle comprend uniquement les longueurs d'ondes ou fréquences qui évoquent une réaction visuelle. Or, comme le montre la fig. 1, il s'agit là d'une très petite partie du spectre électromagnétique. Il y aurait probablement moins de confusion si l'on se référait à cette énergie comme du rayonnement optique, et si on la décrivait en termes d'unités et de concepts radiométriques. Dans le domaine de l'éclairage, notre préoccupation première (mais non la seule) est de savoir comment l'oeil humain réagit à ce rayonnement optique. La figure 1 indique la sensation de couleur ou la réaction qualitative subie, mais ne donne aucune idée de la réponse quantitative. La figure 2, qui donne l'efficacité lumineuse relative ou courbe V, montre la réponse quantitative relative (de l'oeil adapté à la lumière) au rayonnement optique de diverses longueurs d'onde. Pour évaluer l'effet quantitatif du rayonnement optique en tant que "lumière", on doit combiner les deux comme l'indique la figure 3, et on doit multiplier l'intégrale inférieure ( 3) par une constante Km (683 lumens/watt) pour obtenir le flux lumineux, en lumens, provenant de la source.

Il est également intéressant, surtout dans la conception d'éclairage dans les hôpitaux, de considérer certains autres usages de l'énergie de rayonnement produite par les sources de "lumière". À proprement parler, l'énergie utile est produite à des longueurs d'onde légèrement plus courtes (ultraviolet), ou longues (infrarouge) que celles représentées par le spectre visible, mais elles sont normalement incluses dans le champ d'éclairement. On utilise souvent des lampes ultraviolettes pour profiter de leurs effets bactéricides ou érythémateux; pour évaluer l'effet total, il faut combiner les courbes de réponse appropriées de ces effets (et non pas la courbe V ) avec le rayonnement de la source. On devrait utiliser des unités radiométriques ou spéciales plutôt que photométriques pour les effets de l'ultraviolet ou de l'infrarouge.

Le tableau 1 présente un résumé des principales quantités radiométriques et photométriques rencontrées. Dans tous les cas, la quantité photométrique est la quantité radiométrique pondérée par la courbe V pour l'oeil humain, comme l'indiquait la figure 3.

Les concepteurs d'éclairage confondent souvent deux quantités photométriques distinctes: l'éclairement lumineux et la luminance (luminosité). La figure 4 définit l'éclairement lumineux comme étant la densité du flux lumineux incident sur une surface, l'unité étant donc le lumen par mètre carré. La figure 5 illustre le concept de l'angle solide, et la figure 6 définit l'expression "intensité lumineuse" comme étant un faisceau directionnel de flux lumineux. La figure 7 combine ces deux quantités pour exprimer l'éclairement lumineux sous la forme bien connue de la loi inverse des carrés, combinée à la loi des cosinus.

La figure 8 illustre le concept de la luminance. Comme l'indique l'oeil dans la figure, cette quantité représente ce que voit l'oeil lorsqu'il regarde une source ou une superficie éclairée. L'observateur ne voit jamais directement l'éclairement lumineux, mais uniquement le résultat de cette lumière incidente qui interagit avec un objet.

La répartition spectrale de l'énergie émise par une source qui interagit avec un objet, qui a lui-même des caractéristiques spectrales précises de réflexion et/ou de transmission, régit la luminosité d'un objet ainsi que sa couleur. C'est la répartition de la luminosité dans un espace, et non pas l'éclairement lumineux tout seul, qui détermine la qualité de l'éclairage. Une conception basée uniquement sur des spécifications d'éclairement lumineux risque donc de produire un environnement lumineux totalement insatisfaisant si l'on choisit d'ignorer les caractéristiques des surfaces et des objets.

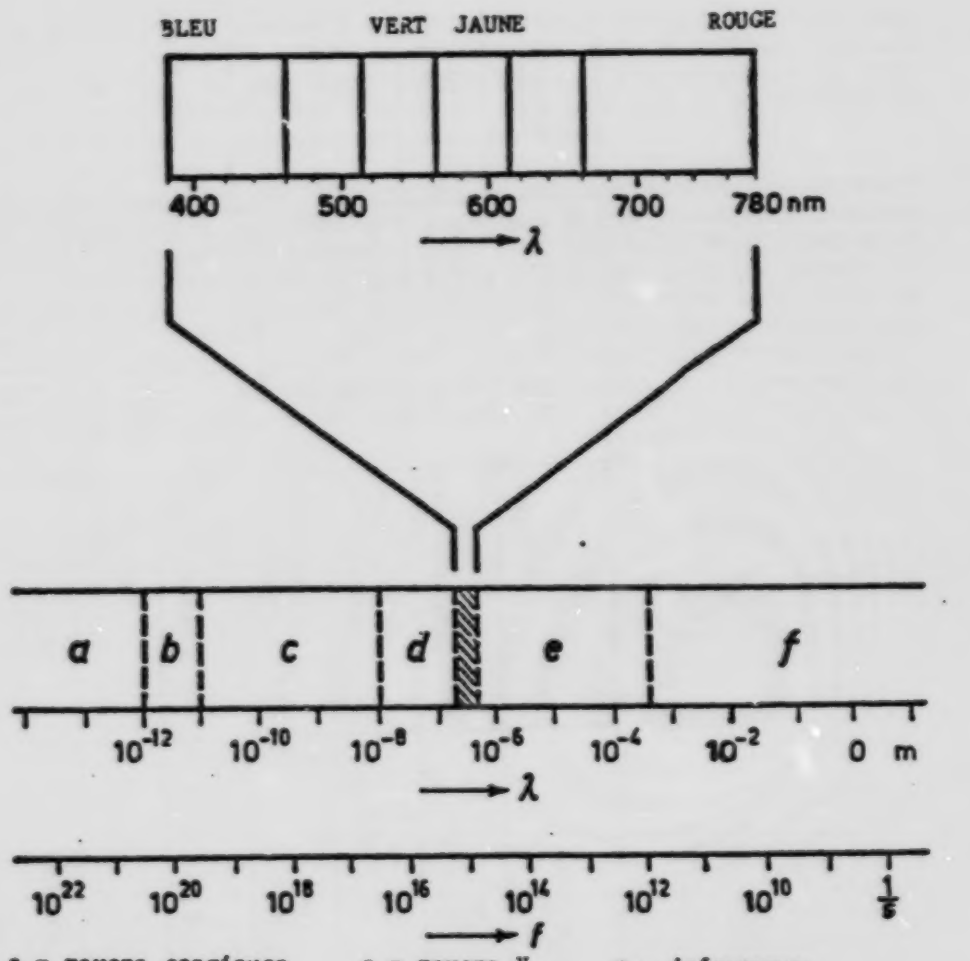
TABLEAU I

UNITÉS RADIOMÉTRIQUES ET PHOTOMÉTRIQUES

| RADIOMÉTRIQUES | | | PHOTOMÉTRIQUES | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TERME | SYMBOLE | UNITÉ | TERME | SYMBOLE | UNITÉ |
| Quantité d'énergie rayonnante | $Q_e$ | joule, erg, watt-sec | Quantité d'énergie lumineuse | Q | lumen-sec |
| Flux énergétique (puissance) | $F_e(P_e)(\emptyset_e)$ | watt | Flux lumineux | F ( $\emptyset$ ) | lumen |
| Intensité énergétique | $I_e = \frac{DF_e}{d\omega}$ | watt/stéradian | Intensité lumineuse | $I = \frac{dF}{d\omega}$ | lumen/stéradian |
| Éclairement énergétique | $E_e = \frac{dF_e}{DA}$ | watt/unité de surface | Éclairement lumineux | $E = \frac{dF}{dA}$ | lumen/unité de surface |
| Exitance énergétique | $M_e = \frac{dF_e}{dA}$ | watt/unité de surface | Exitance lumineuse | $M = \frac{dF}{dA}$ | lumen/unité de surface |
| Luminance énergétique | $L_e = \frac{dI_e}{dA \cos\theta}$ | watt/unité de surface et par stéradian | Luminance | $L = \frac{dI}{dA \cos\theta}$ | candela/unité de surface |

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Fig.1

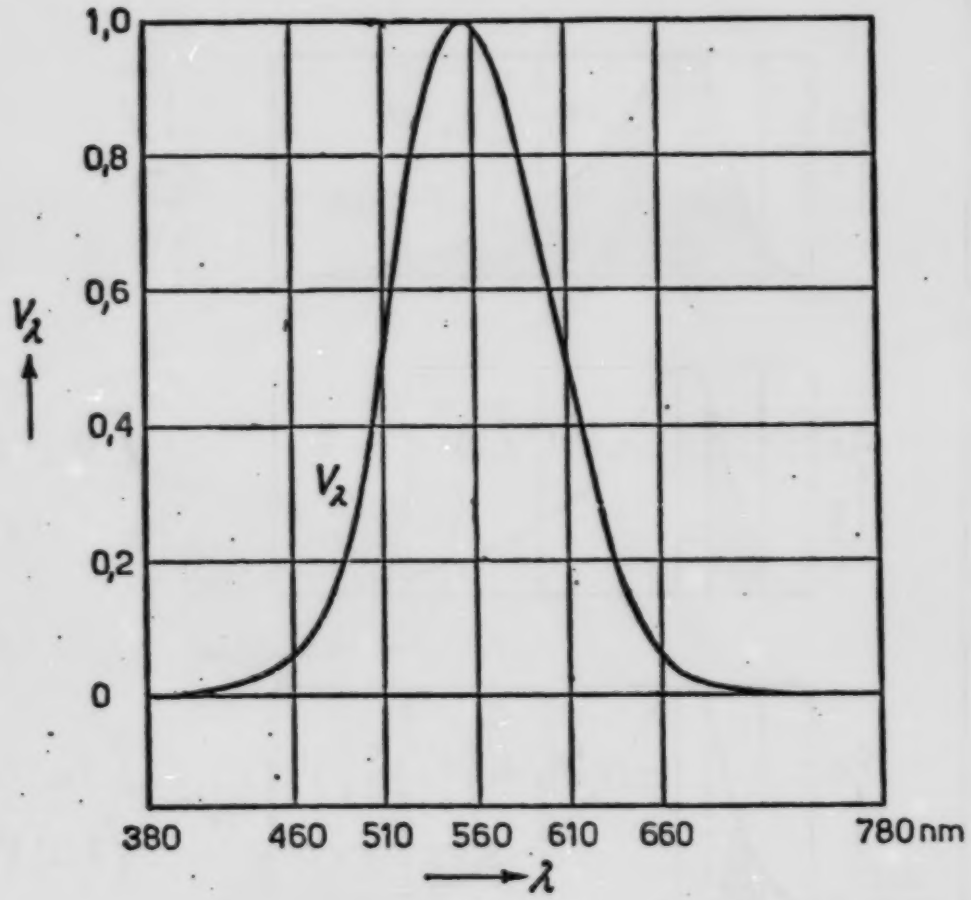



a - rayons cosmiques
b - rayons gamma
c - rayons X
d - rayons UV
e - infrarouge
f - télécommunications et transmission d'électricité

Longueur d'ondes et fréquences des oscillations électromagnétiques
Wavelengths and frequencies of electromagnetic oscillations
Wellenlängen und Frequenzen der electromagnetischen Schwingungen

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Fig.2

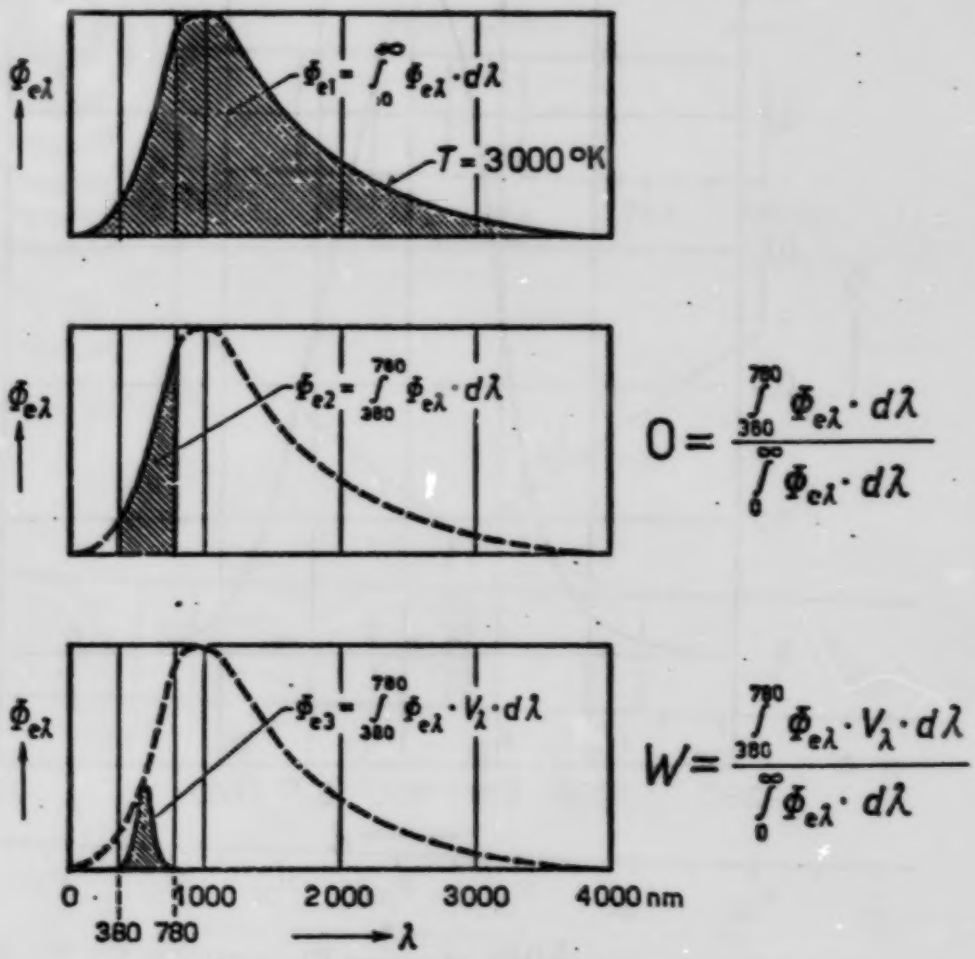



$$1\,\text{nm} = \frac{1}{10^9}\,\text{m}$$

Efficacité lumineuse relative pour la vision photopique $V_\lambda$
Relative luminous efficiency for photopic vision $V_\lambda$
Spektraler Hellempfindlichkeitsgrad für Tagessehen $V_\lambda$ :

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Fig.3




Efficacité optique et visuelle du rayonnement d' une lampe à incandescence

Optical and visual efficiency of the radiation of an incandescent lamp

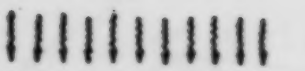
Optischer und visueller Nutzeffekt der Glühlampenstrahlung

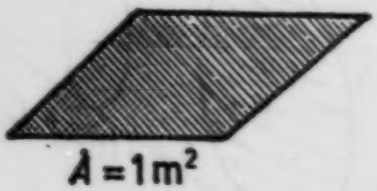
COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Fig.4

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

$$E_m = \frac{\Phi}{A}$$



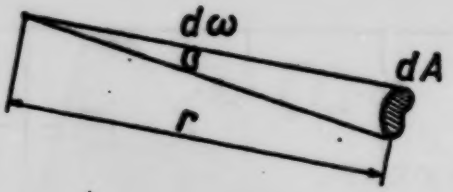




$$1\,lx = \frac{1\,lm}{1\,m^2}$$

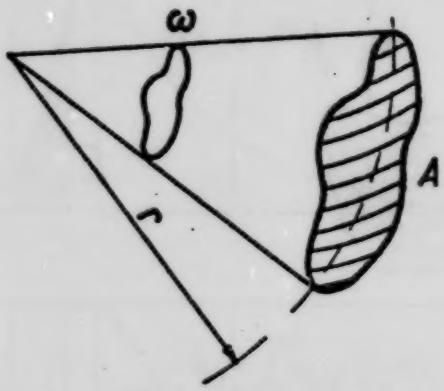
Eclairement $E$
Illuminance $E$
Beleuchtungsstärke $E$

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

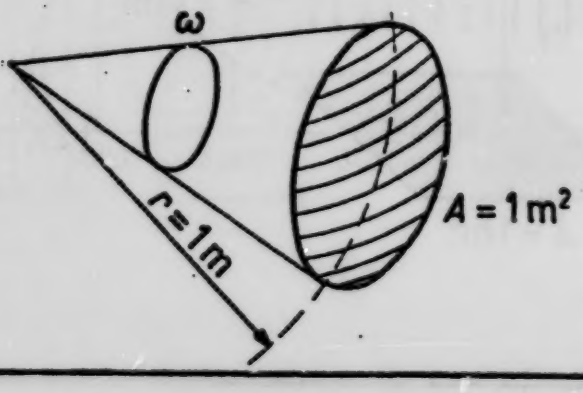
Fig.5




$$d\omega = \frac{dA}{r^2}$$

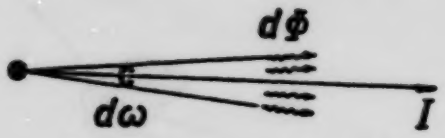



$$\omega = \frac{A}{r^2}$$

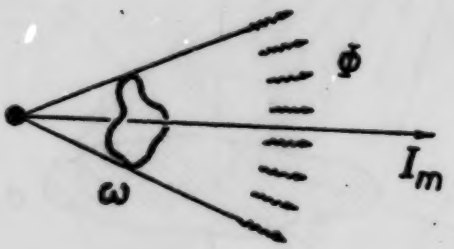



$$\omega = 1\,\mathrm{sr}$$

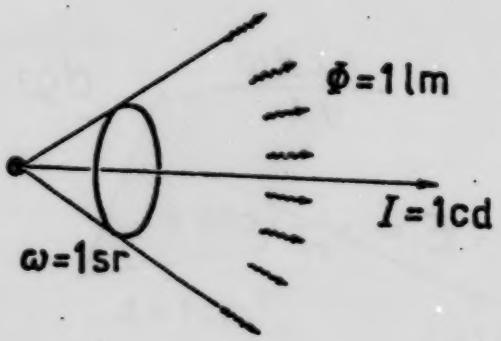
Angle solide ω
Solid angle ω
Raumwinkel ω




$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

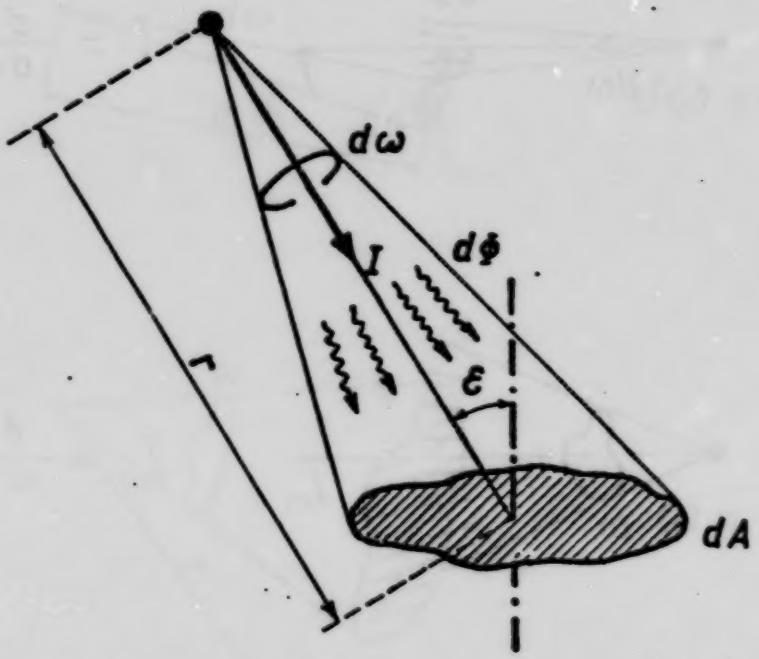



$$I_m = \frac{\Phi}{\omega}$$




$$1\,cd = \frac{1\,lm}{1\,sr}$$

Intensité lumineuse $I$
Luminous intensity $I$
Lichtstärke $I$



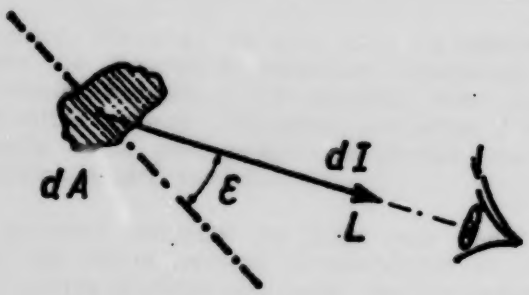

$$E = \frac{d\Phi}{dA} = \frac{I \cdot d\omega}{dA} \quad ; \quad d\omega = \frac{dA}{r^2} \cdot \cos\varepsilon$$

$$E = \frac{I}{r^2} \cdot \cos\varepsilon$$

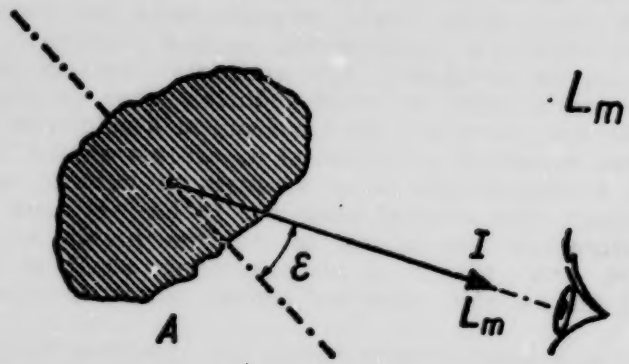
Eclairement $E$
Illuminance $E$
Beleuchtungsstärke $E$

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Fig.8



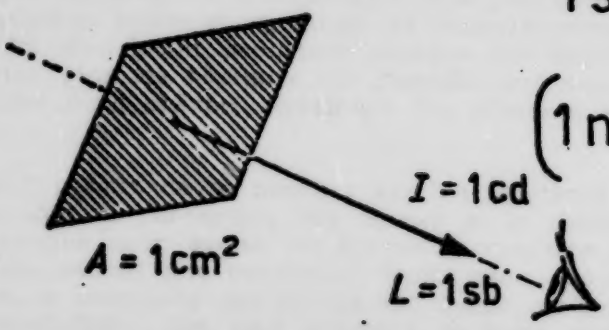

$$L = \frac{dI}{dA \cdot \cos \varepsilon}$$




$$L_m = \frac{I}{A \cdot \cos \varepsilon}$$

$$1\,sb = \frac{1\,cd}{1\,cm^2}$$

$$\left(1\,nit = \frac{1\,cd}{1\,m^2}\right)$$




Luminance $L$
Luminance $L$
Leuchtdichte $L$

# L'OEIL HUMAIN ET SES CARACTÉRISTIQUES

**W.K. Adrian Ph.D., Professeur,**
**École d'optométrie,**
**Université de Waterloo**

La perception visuelle, ce que nous appelons "voir", se fait par l'intermédiaire de fonctions visuelles fondamentales qui caractérisent le système visuel humain. En rapport avec le sujet de ce symposium, j'aimerais citer comme fonctions visuelles fondamentales la sensibilité différentielle et la perception des formes, qui mène à la propriété que nous appelons acuité visuelle.

Même si certains risquent de juger cela par trop élémentaire, j'aimerais me servir ici d'une section transversale de l'oeil (figure 1) pour expliquer le genre d'effets que nous devons escompter lorsque nous examinons les stimuli lumineux qui provoquent la sensation visuelle. Dans l'oeil normal ou emmétropique (c'est-à-dire l'oeil dont les propriétés optiques n'exigent aucune correction), la cornée transparente est la principale surface réfractive qui transforme en image l'objet que doit voir la rétine, cette dernière étant un tissu cérébral contenant les récepteurs sensibles à la lumière ainsi que toute une gamme de couches de neurones. Dans les cas où la courbure cornéenne est excessive ou trop faible, ou lorsque la distance longitudinale jusqu'à la rétine est anormale, et dans les cas où ces deux lacunes sont combinées, nous devons corriger ce défaut optique au moyen soit de lentilles de contact qui modifient la forme sphérique de la cornée, soit de moyens réfractifs supplémentaires placés devant les yeux, tels les lunettes.

C'est le flux lumineux qui incide effectivement sur la rétine qui détermine essentiellement la perception. Nous devons donc tenir compte du fait que les milieux oculaires, en particulier la cornée et le cristallin, ne sont pas entièrement transparents mais changent plutôt leur facteur de transmission totale et spectrale de manière considérable avec l'âge. Il s'agit ici d'un point important puisque les malades que l'on trouve normalement dans les hôpitaux ont d'emblée une moyenne d'âge élevée et nous devons donc prévoir l'éclairage des hôpitaux en tenant compte de ce fait.

La figure 2 permet de se pencher sur les fonctions visuelles fondamentales que sont la perception des formes et la sensibilité différentielle. Du côté gauche nous avons des lettres à contraste élevé sur fond brillant, ce qui permet une perception facile même des très petites lettres. Au centre, le contraste des lettres est réduit, ce qui réduit évidemment leur perceptibilité. On peut conclure de cette expérience que la perception diminue avec la réduction de contraste de luminance des détails que l'on veut voir. Dans la troisième colonne, à droite, on voit que la luminance de fond a été réduite en plus de réduire le contraste. Il est évident que la luminance de fond influe fortement sur la visibilité des lettres.

Par définition, la perception des formes ou l'acuité visuelle est l'inverse de l'angle, mesuré en minutes d'arc, du détail. Dans le cas des lettres, on utilise l'épaisseur des barres, exprimée en tant que réciproque de l'angle sous-tendu. Dans le cas d'un cercle de Landolt, cela veut dire que l'ouverture a la même dimension que l'épaisseur. L'acuité visuelle est égale à l'unité si l'épaisseur de la lettre ou l'ouverture du C de Landolt, que l'on parvient tout juste à détecter, mesure une minute d'arc. La figure 3 montre la fonction "acuité visuelle" pour un objet à contraste élevé en fonction de la luminance du fond. La branche inférieure, avec des acuités très faibles dues à une vision exclusivement nocturne ou à bâtonnets, est suivie d'une partie montante indiquant que l'acuité augmente fortement aux niveau de luminance plus élevés, pour se rapprocher enfin d'un maximum déterminé par les aberrations optiques de l'oeil et le pouvoir de résolution de la rétine elle-même.

Les expériences effectuées par Koenig au cours des années 1880 ont été reprises en partie avec des critères différents et ont été élargies pour inclure divers contrastes d'objets. La figure 4 montre de façon quantitative ce que nous avons déjà vu de manière qualitative à la figure 2, c'est-à-dire que la visibilité se réduit avec le contraste. À luminance du fond constante, l'acuité visuelle diminue fortement lorsqu'on baisse le contraste en le faisant passer de 0,9 (équivalent à des lettres imprimées en noir sur papier blanc) a 0,12 (gris peu prononcé). Une ligne horizontale tracée à travers la famille de courbes montre que le contraste réduit peut être compensé par une augmentation de la luminance du fond, ce qui permet d'obtenir la même acuité. Ce fait est indiqué séparément dans la figure 5, où le contraste du cercle de Landolt nécessaire pour obtenir une acuité visuelle de S = 1 est tracé en fonction de la luminance. Si l'on réduit le contraste, par exemple d'une lettre noire C = 0,9 à un gris peu prononcé C = 0,12 il faudrait un niveau de luminance environ 10 fois plus élevé afin de maintenir ce niveau-là d'acuité visuelle.

Lorsque nous examinons les fonctions visuelles fondamentales, nous devons considérer le stimulus au niveau de la rétine, tandis que la luminance tracée sur ces graphiques a trait au stimulus physique à l'extérieur de l'oeil. Les fonctions présentées jusqu'ici ont été obtenues à partir d'observateurs relativement jeunes et ne peuvent pas être appliquées généralement aux sujets de n'importe quel âge, comme le montre bien la figure 6, où figure le facteur de transmission spectrale de la cornée pour divers groupes d'âge. Remarquons qu'avec l'âge la cornée devient plus jaunâtre à cause de la transmission plus faible de la partie du spectre que représente les longueurs d'onde courtes relativement à la partie qui correspond aux longueurs d'onde du rouge. De plus, le facteur de transmission totale que reflète le niveau d'évaluation des courbes en pointillés diminue avec l'âge. On constate un phénomène semblable dans le cristallin. La figure 7, tirée de Lit. 2, montre des cristallins séparés, de divers âges. Au premier rang, qui présente des cristallins de 6 mois à 12 ans, on peut à peine apercevoir une teinte jaunâtre. Par contre, on en détecte clairement une au deuxième rang qui montre des cristallins de 25, 47 et 60 ans et enfin au troisième

rang, qui correspond à une personne âgée de 70, 82 et 91 ans. Au dernier rang on trouve des exemples de cristallins à cataracte: à gauche, une cataracte nucléaire forte; au centre, une cataracte corticale; enfin, à droite, une combinaison des deux. Il n'y a pas beaucoup de différence entre un cristallin de 80 ou 90 ans et un cristallin affecté d'une cataracte, et nous pouvons à peine les différencier. Ceci implique que les personnes âgées filtrent la lumière de manière "jaunâtre" et que la transmission diminue très fortement, ce qui limite le flux lumineux incident sur la rétine. Sous forme schématique, la transmission totale des milieux de l'oeil a l'aspect que lui donne la figure 8, où les constatations de Blackwell (3) sont comparées à celles d'autres auteurs, et où l'on voit clairement qu'à l'âge de 60 ans le facteur de transmission totale des milieux de l'oeil n'est plus que d'environ 45%, comparativement au groupe-témoin d'observateurs âgées de 20 à 30 ans.

En plus de la réduction du flux lumineux qui atteint la rétine, due à la transmission totale plus faible, on constate un deuxième effet qui fait diminuer la vision avec l'âge. La lumière qui passe à travers les milieux de l'oeil subit également une diffusion et produit un voile d'interférence lumineuse qui se superpose à l'image rétinienne et réduit le contraste de l'objet, ce qui fait diminuer la visibilité. L'oeil d'une personne âgée subit donc l'effet combiné d'une transmission réduite et d'une diminution du contraste interne à cause de la lumière parasite. Les principales sources de lumière parasite sont la cornée et le cristallin, comme l'indique la figure 9. La lumière parasite est indiquée par des flèches. Puisque la lumière diffusée augmente avec l'âge, on voit pourquoi la sensibilité à l'éblouissement augmente proportionnellement, ce qui influe fortement surtout sur la conduite automobile dans les conditions nocturnes. En ce qui concerne l'éclairage d'hôpitaux, il faut souligner le fait qu'il importe d'éviter les fortes luminances se produisant dans le champ visuel, car elles risquent d'agir comme sources d'éblouissement. Il devrait être impossible de regarder directement des sources lumineuses à forte luminance.

La figure 10 montre une combinaison des deux effets (transmission réduite des milieux oculaires et augmentation de la lumière parasite) et révèle le handicap dont souffrent les personnes âgées par rapport au groupe-témoin de 20 à 30 ans, lorsqu'il s'agit de la perception des formes à une acuité visuelle de S = 1. Ce graphique montre que même pour le contraste élevé de C = 0,9 nous devons exiger à l'âge de 70 ans un niveau de luminance environ 3,5 fois supérieur pour compenser les changements naturels qui affectent les milieux oculaires.

En résumé, on peut constater, à partir de la fonction visuelle fondamentale qu'est l'acuité visuelle susmentionnée, qu'il faut prévoir des niveaux de luminance permettant un minimum de perception des formes pour tous les groupes d'âge.

De plus, on devrait absolument éviter la présence de sources d'éblouissement dans le champ visuel, qui créerait de la lumière parasite dans l'oeil, réduisant la vision de l'oeil jeune et, à plus forte raison, de l'oeil âgé. Il faut donc souligner les aspect géométriques; par exemple le

malade ne devrait pas faire face à des fenêtres très lumineuses, et on ne devrait pas lui permettre de regarder directement vers des luminances élevées (les luminaires p.ex.), sans écran diffuseur.

Il va sans dire que des conclusions semblables s'appliquent également au médecin qui doit examiner le malade, y compris la question du rendu des couleurs; ce dernier devrait être élevé afin de permettre au médecin de porter un jugement sur la teinte du malade, par exemple.

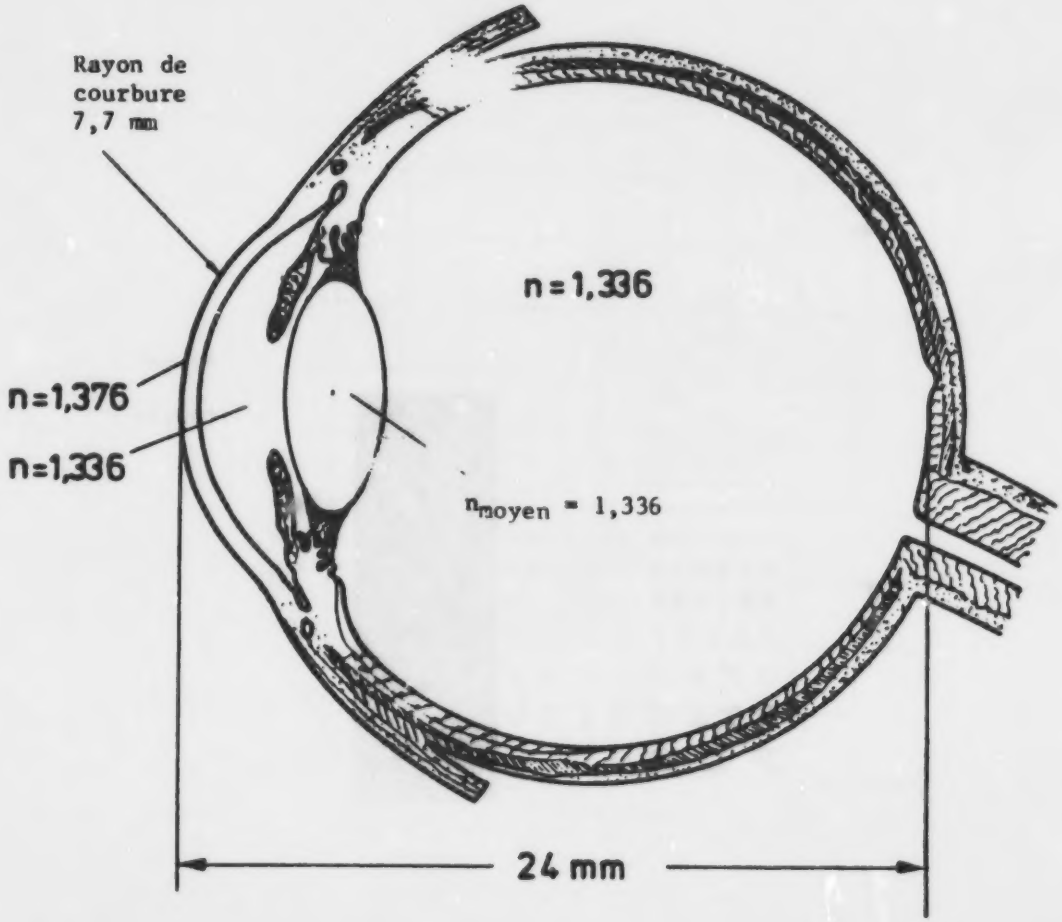



Figure 1 OEIL NORMAL

Section transversale de l'oeil normal, emmétropique. L'indice de réfraction moyen n'est celui du cristallin.

Figure 2 Démonstration de l'effet qu'ont le contraste et la luminance du fond sur l'acuité visuelle de l'oeil. On voit clairement que le contraste réduit et des niveaux de luminance plus faibles du fond réduisent la visibilité des lettres.

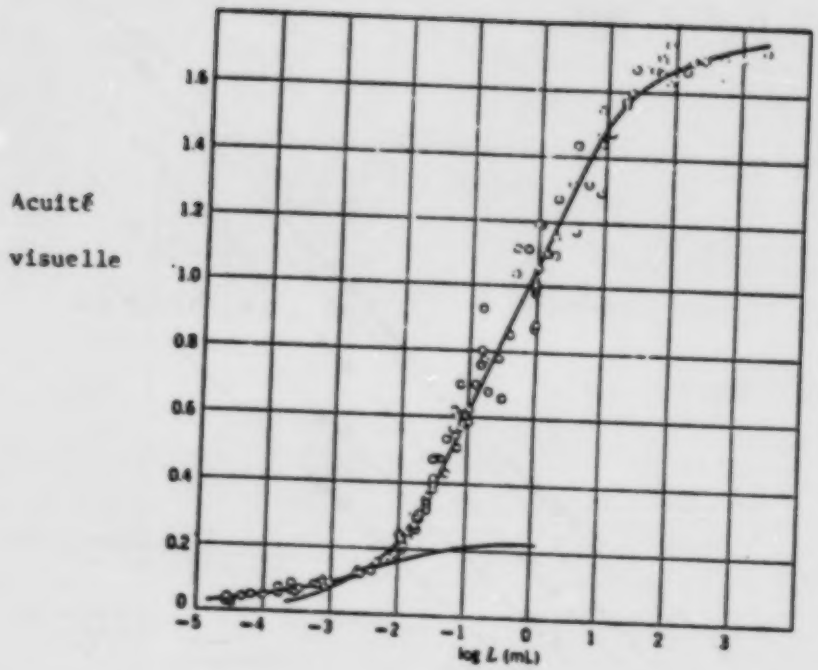



Figure 3 Données de König pour le rapport entre l'acuité visuelle et l'éclairement, telle que retracées par Hecht (1934). La courbe aplatie de la branche inférieure des données est une équation pour les bâtonnets, tandis que la courbe supérieure est celle correspondant aux cônes. La tâche consistait à reconnaître l'orientation d'un objet d'essai en forme de crochet.

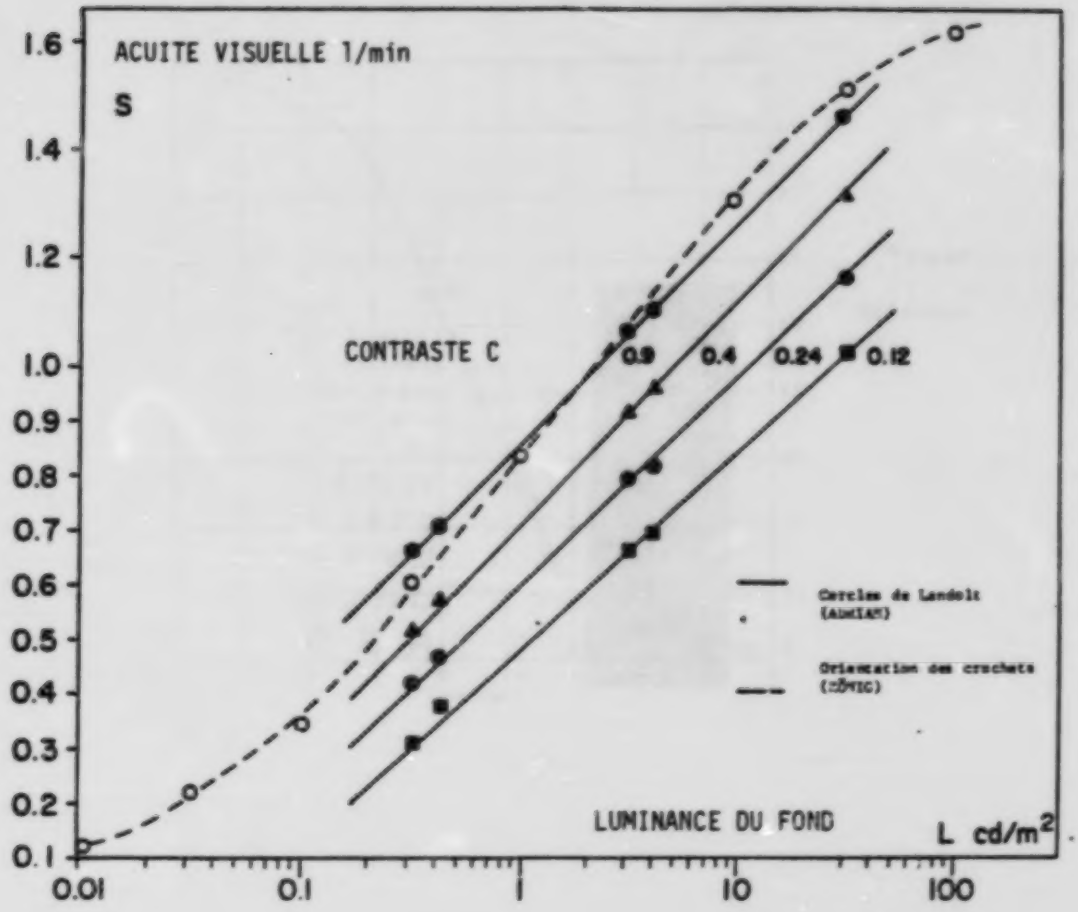



Figure 4 Acuité visuelle en fonction de la luminance du fond et du contraste de l'objet. De toute évidence, König s'est servi, pour son étude, d'objets à contraste élevé.

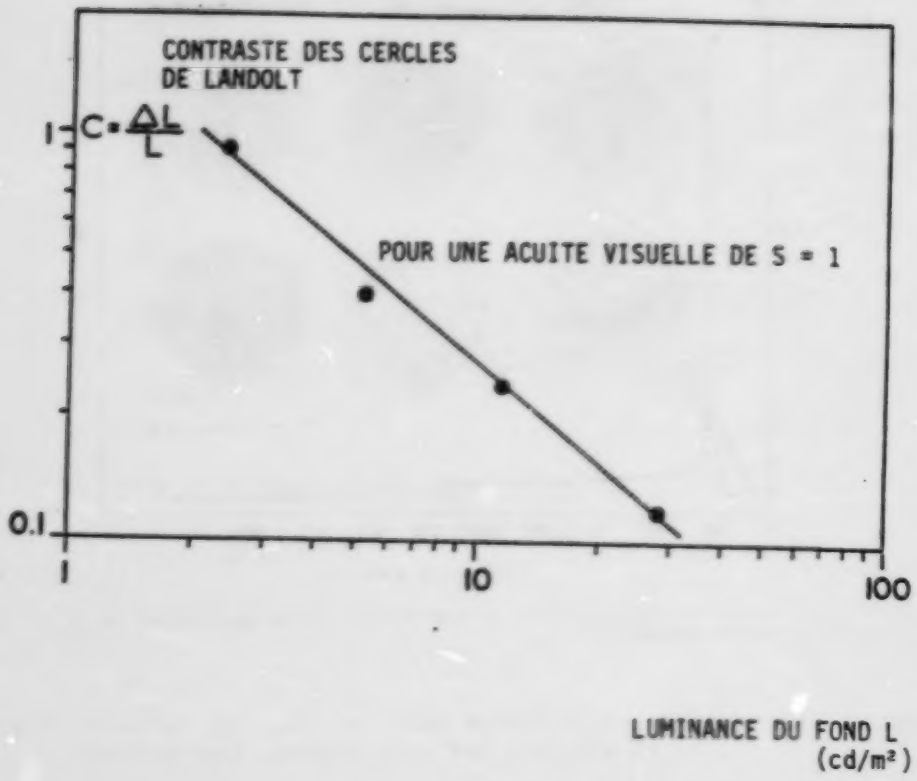
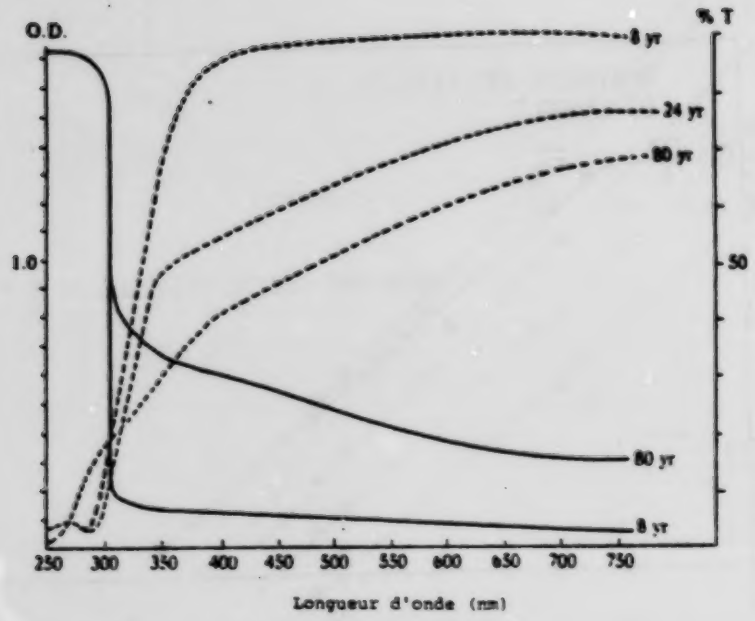



Figure 5 Contraste des C de Landolt et luminance du fond nécessaires pour obtenir une acuité visuelle de S = 1. Les données sont basées sur des observateurs jeunes (d'après Adrian).




Absorption (ligne pleine) et transmission (ligne pointillée) de la cornée humaine.

8 ans

24 ans

80 ans

80 ans

8 ans

**Figure 6** Absorption (ligne pleine) et transmission (ligne pointillée de la cornée de personnes de divers âges. Le graphique est tiré de lit. 2.

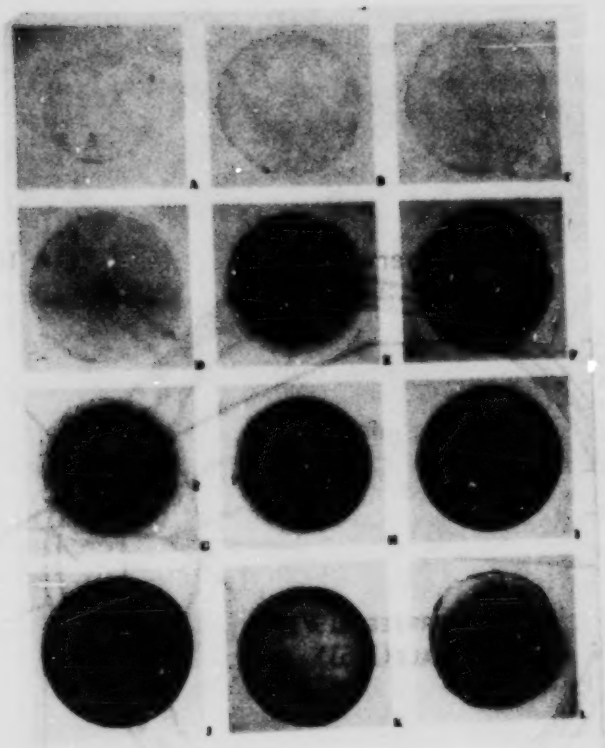


Figure 7 Couleur de plus en plus jaune-brune du cristallin normal à mesure qu'il devient plus âgé (d'après lit. 2).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (A) | 6 mois | (B) | 8 ans | (C) | 12 ans |
| (D) | 25 ans | (E) | 47 ans | (F) | 60 ans |
| (G) | 70 ans | (H) | 82 ans | (I) | 91 ans |

La feuille J montre un exemple de cataracte brune non transparente (cristallin âgé de 70 ans). K montre une cataracte corticale d'une personne âgée de 68 ans, et L représente une cataracte mixte non transparente et corticale chez un personne de 74 ans.

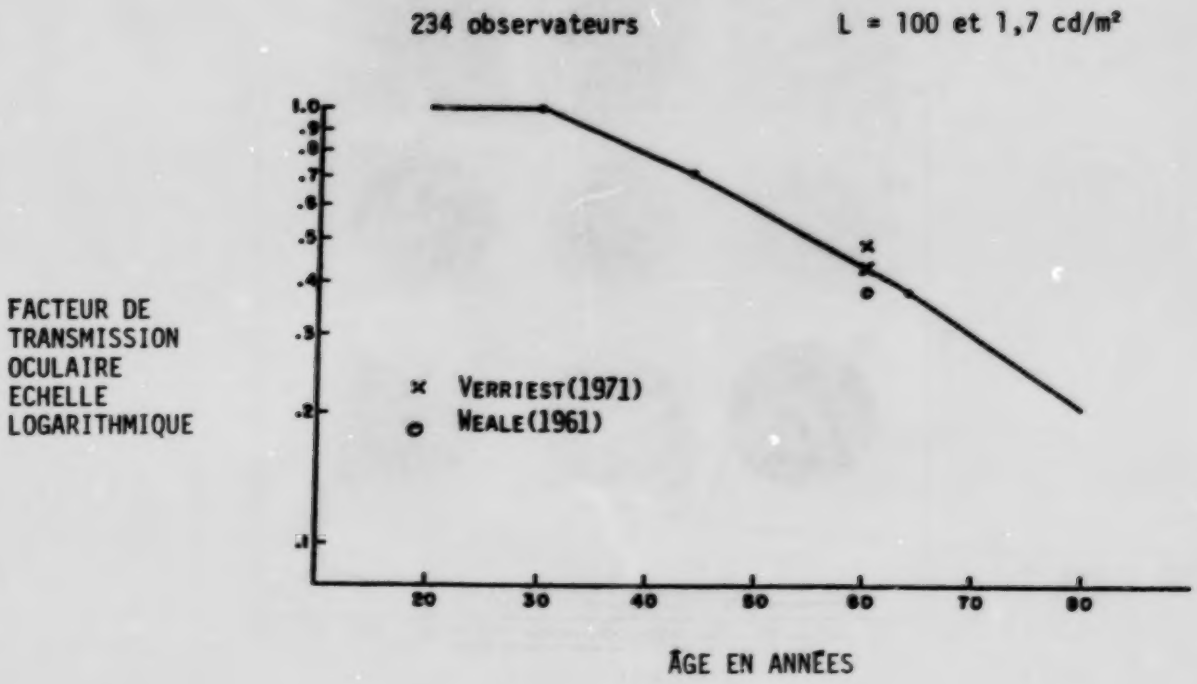
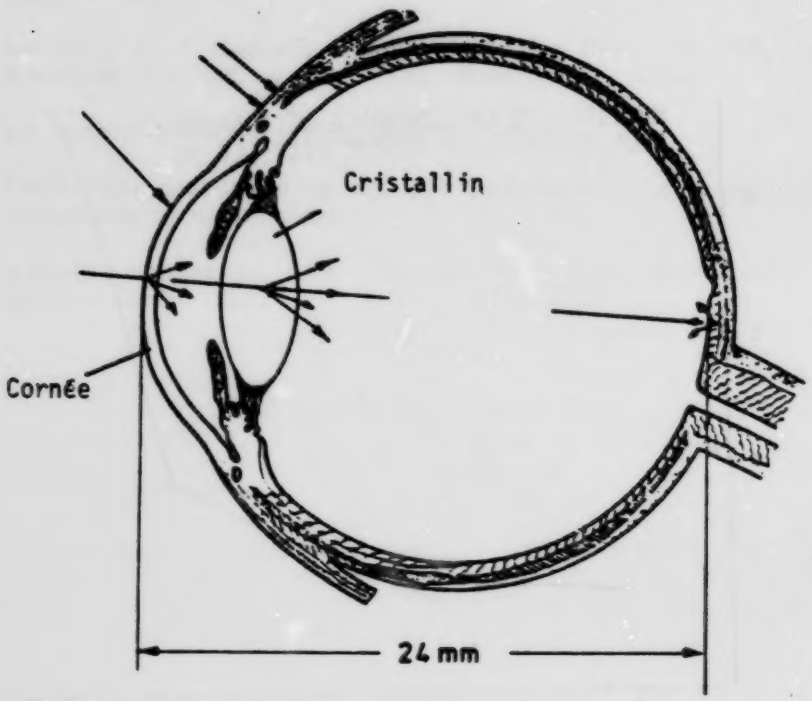



Figure 8 FACTEUR DE TRANSMISSION OCULAIRE EN FONCTION DE L'ÂGE

Données de Blackwell sur le facteur de transmission oculaire, obtenues chez 234 observateurs à 2 niveaux différents de luminance, comparées avec certaines données signalées par Verriest et Weale (d'après Lit. 3).




Oeil Normal

**Figure 9** PRINCIPALES SOURCES DE LUMIÈRE PARASITE DANS LES MILIEUX DE L'OEIL.

**Dans les yeux ayant une faible pigmentation, de la lumière peut également pénétrer dans l'oeil à l'extérieur de l'ouverture pupillaire.**

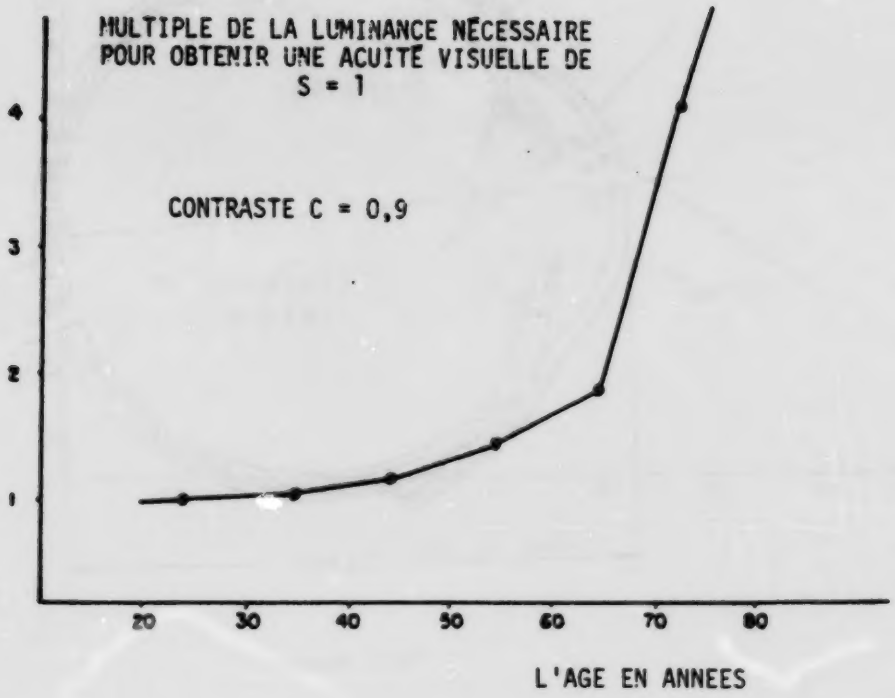



Figure 10 Luminances nécessaires pour obtenir une acuité visuelle de S = 1 pour divers groupes d'âge, avec des objets à contraste élevé, d'après Adrian (Lit. 1). Les données sont tirées de la fonction fondamentale d'acuité visuelle, en ce qui concerne le facteur de transmission oculaire réduite et la lumière diffusée qui réduit le contraste rétinien d'objets à percevoir.

## Bibliographie


1. Adrian, W.K. Das alternde Auge und die Anforderungen an die Beleuchtung

   Actes de "Licht 82" Lugasno, juin 82, SLG, 8034 Zuerich, Suisse, Seefeldstr. 301.

2. Lerman, S. Radiant Energy and the Eye. p. 58, feuille 3-1, Macmillan Publishing Co., Inc., New York. 1980.

3. Mortenson-Blackwell, O. Blackwell, H.R.

   Individual responses to lighting parameters for a population of 235 observers of various ages

   Rapport soumis au Illum. Engin. Res. Inst. New York. Projet n$^{o}$ 30 (partie B) 1980.

# PARAMÈTRES D'EFFICACITÉ VISUELLE

**M. Rea, Ph.D.,**
**Division des recherces en Bâtiment,**
**Conseil National de Recherches, Ottawa (CNR)**

## Introduction

C'est probablement dans les hôpitaux que l'éclairage joue le rôle le plus important. De nombreuses tâches exécutées par les membres du personnel sont fortement visuelles; par ailleurs, les erreurs et le gaspillage de temps peuvent être littérallement une question de vie ou de mort. Cet exposé examine quelques questions très simples concernant la vision; il se penche également sur les paramètres affectant la vision ainsi que sur quelques solutions éventuelles dans le domaine de l'éclairage.

## L'importance et la mesure de la performance visuelle

Pourquoi les concepteurs placent-ils des lampes dans les hôpitaux, les écoles ou les bureaux? La réponse, tout simplement, c'est pour que les occupants puissent y voir. L'installation d'éclairage définitive sera influencée par toute une gamme d'autres facteurs tels que le coût initial, la consommation d'énergie, la souplesse et l'esthétique. Cependant, en dernière instance, le succès ou l'échec d'un système d'éclairage dépend de son aptitude à offrir de bonnes conditions pour la vision, ce qui s'applique tout particulièrement aux hôpitaux. Parmi les activités du personnel professionnel d'un hôpital, nombreuses sont celles qui comportent des tâches fortement visuelles, tandis que la pénalité que peut entraîner une mauvaise visibilité peut littérallement être le décès du malade. Il est donc essentiel que l'éclairagiste prévoit des conditions de vision adéquates pour les membres du personnel.

Quels sont donc les facteurs qui affectent notre capacité de voir? Pour les applications dans le domaine de l'éclairage il faut tenir compte de deux facteurs essentiels pour la vision: la luminosité et la différence de luminosité. Ce sont là les deux principaux facteurs que peut manipuler l'éclairagiste, mais cela ne veut pas dire que ce sont les seuls facteurs qu'il puisse manipuler, ni que ce sont les seuls facteurs qui jouent un rôle important dans le système visuel. Nous en parlerons ici tout simplement parce que ce sont là les facteurs d'application dans le domaine de l'éclairage qui influent le plus sur la vision.

Comment mesurons-nous la vision? Un procédé type qu'emploient les études du système visuel est de trouver la luminosité perceptible minimale ou l'écart de luminosité perceptible minimale. Ces procédés sont connus sous le nom de tests de seuil. Comme le seuil d'une porte qui représente le point de transition entre deux pièces, le seuil visuel est le point de transition entre deux états visuels, le visible et

l'invisible. Ainsi, les essais de seuil sont des mesures de genre tout-ou-rien: on voit la tâche ou on ne la voit pas.

Ces essais-seuil de vision sont très fiables et sensibles aux changements survenant dans l'état du système visuel. Ils sont donc très importants lorsqu'on veut évaluer le comportement de ce système. Cependant, ils ont le grand désavantage, pour ce qui est des applications dans le domaine de l'éclairage, d'être peu réalistes, c'est-à-dire qu'il y a très peu de tâches au niveau de seuil dans le milieu effectivement éclairé. On peut voir la plupart des tâches, mais la question pour l'éclairagiste est de savoir si on pourrait les voir mieux.

Comment pourrions-nous donc mesurer une vision meilleure? Une méthode particulière revient à demander aux gens tout simplement s'ils voient mieux lorsqu'on apporte des changements au système d'éclairage. D'après les gens qui exécutent des tâches visuelles, surtout des tâches visuelles critiques comme l'horlogerie ou la chirurgie, on voit mieux les tâches éclairées que les tâches plus obscurcies. En règle générale, les médecins demandent instamment qu'on projette davantage de lumière sur la tâche. Naturellement, ces demandes ont influé sur les niveaux d'éclairage recommandés. En fait, pour les tâches exécutées dans les hôpitaux, on a fourni des niveaux d'éclairement qui figurent parmi les plus élevés jamais recommandés. Ces indications subjectives sont très importantes, et nous devons mesurer la "vision meilleure" (c'est-à-dire la visibilité) de façon plus objective.

Un procédé que nous avons utilisé au Conseil national de recherche pour mesurer la visibilité consiste à enregistrer la rapidité et la précision avec lesquelles les sujets lisent des chiffres. Nous avons demandé aux gens d'exécuter une tâche de comparaison numérique à divers niveaux d'éclairement et à divers contrastes (différences d'éclairement) pour voir si leurs performances s'amélioraient en fonction de ces paramètres. Effectivement, nous avons constaté que tant la rapidité que la précision augmentaient avec l'éclairement et le contraste. Notons cependant que le taux d'amélioration de la rapidité et de la précision avec l'éclairement différait selon le contraste des détails de la page. Lorsqu'on augmente l'éclairement de la tâche, cela a un effet plus prononcé sur un matériel à faible contraste que sur un matériel à contraste élevé (figure 1). En examinant de nombreuses combinaisons d'éclairement et de contraste, on peut caractériser la réponse du système visuel en ce qui concerne la rapidité et la précision (figure 2). Un tel modèle de la performance visuelle permet à l'éclairagiste d'évaluer quantitativement la manière dont les paramètres d'éclairage affectent la rapidité et la précision de la vision.

## Paramètres d'éclairage qui affectent la performance visuelle

### Quantité d'éclairage

L'éclairagiste doit tenir compte de deux aspects généraux des systèmes d'éclairage qui affectent la performance visuelle. Le plus évident est probablement le niveau d'éclairement, c'est-à-dire la quantité d'éclairement. Heureusement, la conception du système visuel lui permet de maintenir une constance visuelle, comme l'indique l'ampleur du plateau à la figure 2; ce n'est qu'aux plus faibles éclairements et contrastes que la performance connaît une forte réduction. Dans une grande mesure, le système visuel peut donc bien voir sur une vaste gamme d'éclairement et de contraste. On doit cependant toujours tenir compte de deux facteurs. Premièrement, comme nous l'avons déjà mentionné, une réduction de l'éclairement a un effet plus prononcé sur un matériel à faible contraste que sur un matériel à contraste élevé. Par conséquent, il ne convient pas de parler du niveau d'éclairement tout seul sans tenir compte du contraste de la tâche que l'on veut éclairer. Dans un hôpital on trouve de nombreuses tâches à contraste faible. Lorsqu'on examine des détails sur des films radiographiques, lorsqu'on inspecte des organes ou des tissus pathologiques, et même quand on veut lire des remarques au crayon sur les fiches des malades, il faut pouvoir distinguer des contrastes faibles. Dans les circonstances où le contraste est faible, on devrait consacrer une attention particulière à l'éclairement de la tâche. Deuxièment, même avec les tâches à contraste élevé la performance continue à s'améliorer avec les éclairements plus forts. Dans des situations de vie ou de mort, même une amélioration minime de la rapidité et de la précision du médecin peut être importante. Si j'étais en train de subir une intervention chirurgicale, j'espérerais que l'éclairagiste n'a pas essayé d'économiser de l'argent pour son client en réduisant les niveaux d'éclairement dans la salle d'opérations.

### Qualité de l'éclairage

La répartition de l'éclairage est l'autre aspect général du système d'éclairage dont on doit tenir compte. On l'appelle parfois "qualité de l'éclairage", contrairement à la quantité de l'éclairage ou niveau d'éclairement que nous venons de voir. Dans la plupart des cas, la qualité de l'éclairage est plus importante que la quantité d'éclairage lorsqu'on veut assurer de bonnes conditions de vision dans le milieu éclairé. Une mauvaise répartition de l'éclairage peut réduire en dessous du seuil de visibilité une tâche qui, par ailleurs, comporte un contraste élevé. Autrement dit, certaines tâches peuvent être rendues invisibles par une mauvaise conception de l'éclairage. Trois phénomènes sont associés aux problèmes d'éclairement du milieu éclairé, qui réduisent la visibilité et dont l'éclairagiste doit tenir compte: les reflets de voile, l'uniformité lumineuse et l'éblouissement direct.

## Reflets de voile

C'est la lumière réfléchie par les surfaces qui produit les reflets de voile, qui réduisent ou éliminent à leur tour le contraste physique des détails de la tâche. Les reflets de voile réduisent donc l'aptitude à voir ces détails. La géométrie de l'éclairage, c'est-à-dire la relation angulaire entre l'observateur et les sources de lumière, joue un rôle très important lorsqu'il s'agit de contrôler les reflets de voile. On doit alors tenir compte tant de l'emplacement des fenêtres et des luminaires que de la position d'observation probable de l'usager. On doit s'efforcer particulièrement d'éviter une déflection de l'éclairement par des angles de miroir vers la ligne de visée de l'usager. La solution la plus attrayante pour éviter une mauvaise géométrie d'éclairage serait d'introduire une certaine flexibilité dans la conception. Dans de nombreux cas, l'éclairagiste ne sait pas quelle sera l'orientation des usagers dans leur milieu de travail définitif; il lui est donc difficile de placer des luminaires ou des fenêtres dans des endroits qui ne produiront pas de reflets de voile. Or, s'il est possible de déplacer facilement la source de lumière ou l'occupant afin d'éviter les reflets de voile, le succès du système d'éclairage devient plus probable.

La solution du problème des reflets gênants ne dépend pas exclusivement de la géométrie d'éclairage (bien que ce soit là généralement la solution la plus efficace), car dans de nombreux cas cela dépend également de l'objet éclairé. Les surfaces mates comme le papier journal ou de dactylographie limitent fortement les reflets gênants même aux pires angles. Les écrans d'ordinateur et de machine de traitement de texte peuvent être recouverts d'une grille fine qui réduit les reflets de ces terminaux d'affichage qui ressemblent à un miroir. Bien que ces solutions liées aux tâches ne relèvent généralement pas de la responsabilité professionnelle de l'éclairagiste, on devrait les envisager en tant que solutions de rechange au lieu de solutions purement "éclairagistes" contre les reflets de voile.

## Uniformité lumineuse

L'uniformité de la répartition lumineuse joue, elle aussi, un rôle important lorsqu'il s'agit d'assurer des niveaux de performance visuelle élevés. Nous avons vu que la performance visuelle s'améliore avec la différence d'éclairement des détails de la page, mais si les différences d'éclairement à l'extérieur de la zone immédiate de la tâche ne sont pas relativement faibles, la performance visuelle s'en trouvera réduite. Autrement dit, si les zones du champ visuel près de la tâche sont plus sombres ou plus lumineuses que la tâche elle-même, cela réduit la visibilité. Cet effet visuel n'est pas particulièrement important par rapport à celui que peuvent produire les reflets de voile susmentionnés ou l'éblouissement direct décrit ci-après. Cependant, là encore, on devrait viser à réaliser une uniformité lumineuse lorsque les meilleures conditions possibles de vision sont requises, comme en chirurgie.

Il y a deux situations, parfois reliées entre elles, où l'on rencontre généralement des non-uniformités lumineuses dans le milieu naturel éclairé. Dans le premier cas, il s'agit d'un éclairage directionnel provenant par exemple de fenêtres ou d'un éclairage de tâche pour la lecture, les interventions chirurgicales ou les inspections minutieuses. Dans de nombreux cas, il y a une petite "tache" lumineuse dans le région de la tâche, et un éclairement inexistant ou inférieur dans le reste de la pièce. Dans des conditions lumineuses non uniformes, la performance visuelle peut connaître une diminution. Tout comme les faibles niveaux d'éclairement, la non-uniformité lumineuse affecte davantage la vision des détails de tâches à faible contraste que celle des tâches à contraste élevé. Le deuxième cas concerne les écrans d'ordinateur et de machines de traitement de texte. Pour essayer de réduire les reflets gênants de ces écrans, les usagers éteignent souvent les lampes au plafond et couvrent les fenêtres avec des stores ou rideaux. Il s'agit là peut-être d'une bonne solution pour les écrans sombres, mais des écrans relativement lumineux dans une pièce obscurcie ne permettront pas une performance visuelle optimale. On peut également introduire dans le milieu obscurci contenant les écrans en question des lampes ponctuelles pour la tâche afin de pouvoir lire les textes imprimés. Là encore, la performance visuelle ne sera pas la meilleure à cause des grandes différences de luminosité dans le champ visuel. L'éclairagiste qui veut assurer une performance visuelle optimale devrait assurer l'uniformité lumineuse, même si cela exige un matériel plus coûteux, des frais d'énergie plus élevés ou des qualités esthétiques moindres.

## Éblouissement direct

La dernière question que nous examinerons relativement à la répartition de la lumière est l'éblouissement direct. L'éblouissement ressemble aux non-uniformités lumineuses sauf que les sources d'éblouissement sont beaucoup plus lumineuses que la région de la tâche. L'éblouissement peut être dû à des sources de lumière tant naturelles qu'artificielles; il risque d'être un problème sérieux pour le personnel et pour les malades dans l'hôpital. À l'encontre des reflets gênants qui affectent le contraste physique de la tâche, l'éblouissement réduit le contraste de la tâche dans l'oeil lui-même. Il y aura de l'éblouissement chaque fois qu'une source lumineuse se trouve dans le champ visuel: plus la source lumineuse est intense et proche de la tâche visionnée, plus les effets nocifs de l'éblouissement réduiront le contraste apparent. Comme pour les reflets de voile, la géométrie d'éclairage joue un rôle très important pour l'éblouissement. Les hôpitaux présentent un problème spécial en ce qui concerne la géométrie d'éclairage, particulièrement en ce qui a trait à l'éblouissement, à cause de la position couchée des malades. Dans de nombreux cas, une source de lumière se trouvera à un endroit idéal pour le médecin, mais le malade couché sur le dos subit un fort éblouissement parce qu'il regarde directement la lumière.

Il est probablement impossible de concevoir un système d'éclairage qui saura simultanément satisfaire le personnel et les malades; l'éclairagiste doit sans doute biaiser ses conceptions d'éclairage en faveur du personnel qui doit faire son travail. Rappelons cependant que ce personnel ne doit pas s'occuper du patient toute la journée et toute la nuit. En fait, il ne s'occupe des malades que relativement peu de temps. Par conséquent, il importe d'incorporer des systèmes d'éclairage souples que l'on puisse déplacer vers des endroits moins gênants ou que l'on puisse tout simplement éteindre ou allumer à volonté. De simples rhéostats ou interrupteurs marche-arrêt classiques, à portée du malade, peuvent facilement réduire l'éblouissement causé par les luminaires que le personnel n'est pas en train d'utiliser. On peut même considérer de simples stores aux fenêtres en tants que moyen de contrôle souple pour éviter l'éblouissement.

## Sommaire et conclusions

L'éclairage, c'est pour voir. La performance visuelle, mesurée en termes de rapidité et de précision, est une partie importante de la vision dans un hôpital. La quantité d'éclairage ainsi que la qualité de l'éclairage sont importantes pour la vision; une fois que l'on a cerné les effets de ces paramètres d'éclairage sur la performance visuelle, on pourra déterminer les problèmes dans le domaine de l'éclairage et trouver des solutions pratiques.

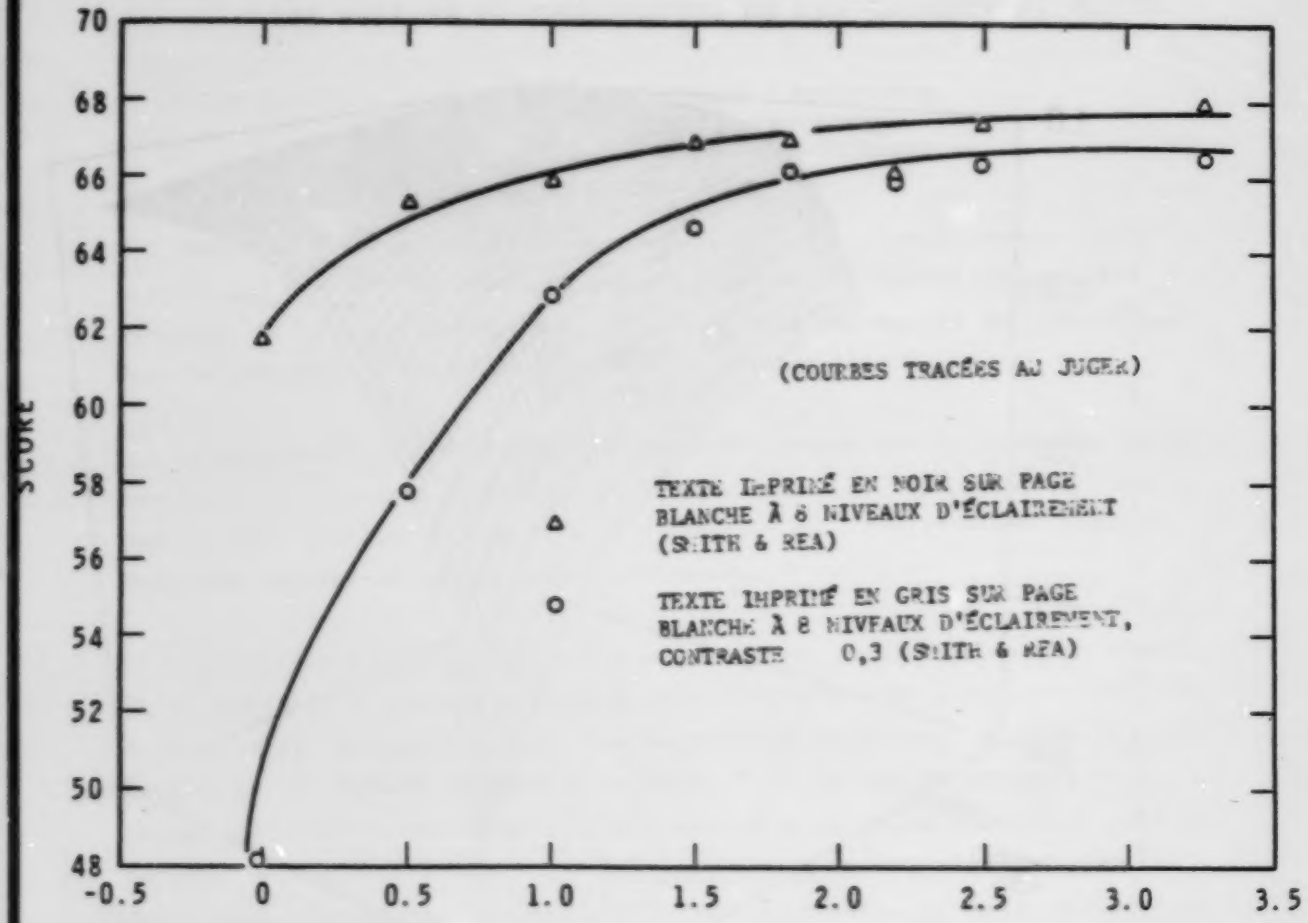

70
68
66
64
62
60
58
56
54
52
50
48
SCORE
-0.5
0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
(COURBES TRACÉES AU JUGER)
TEXTE IMPRIMÉ EN NOIR SUR PAGE BLANCHE À 8 NIVEAUX D'ÉCLAIREMENT (SMITH & REA)
TEXTE IMPRIMÉ EN GRIS SUR PAGE BLANCHE À 8 NIVEAUX D'ÉCLAIREMENT, CONTRASTE 0,3 (SMITH & REA)
LUMINANCE LOGARITHMIQUE

FIGURE 1

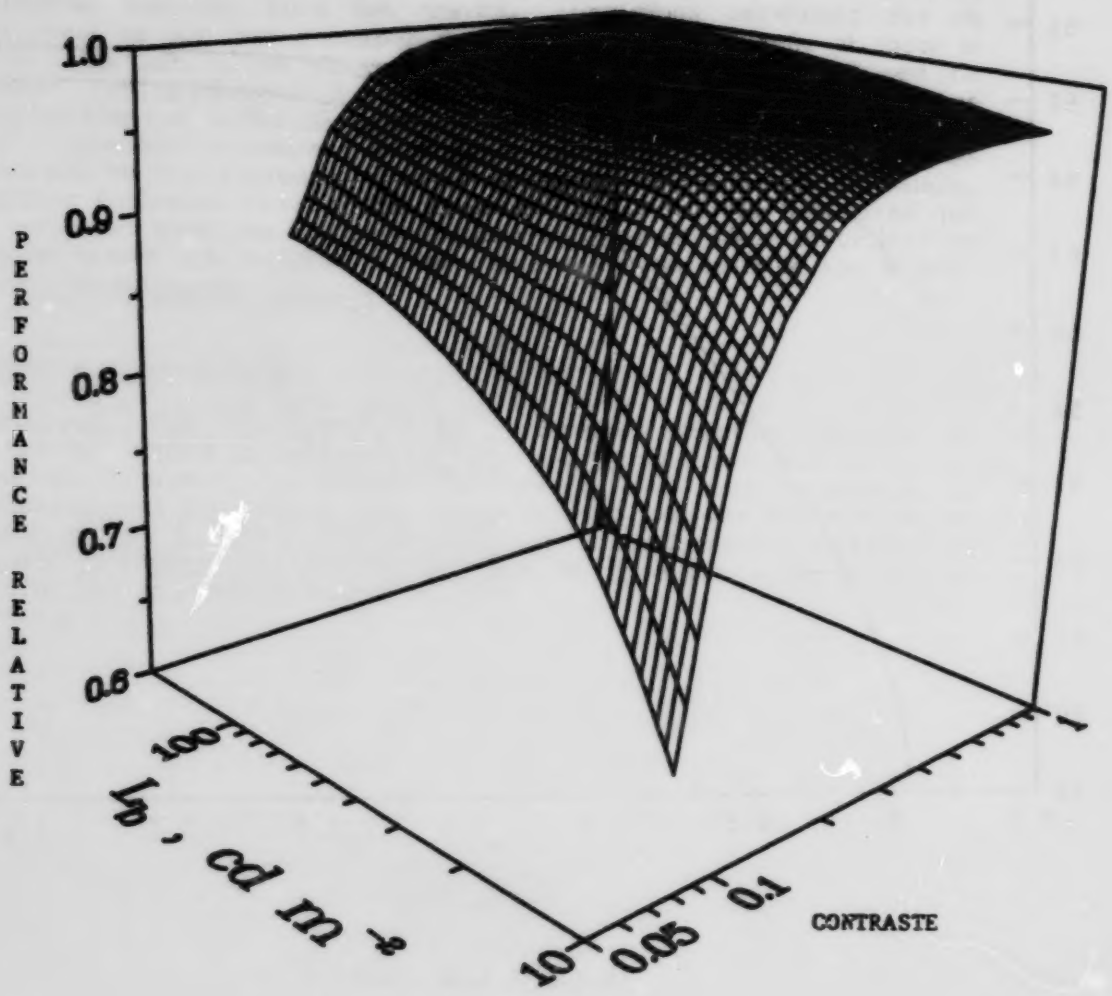



Figure 2 RELATION DU CONTRASTE ET DE LA PERFORMANCE RELATIVE

# LES ASPECTS PSYCHOLOGIQUES DE L'ENVIRONNEMENT VISUEL

**R. Lakowski, Ph.D., Professeur,**
**Département de Psychologie,**
**Université de la Colombie-Britannique**

Dans cette brève étude des problèmes attachés à l'environnement qu'un psychologue doublé d'un scientifique intéressé par la vision est appelé à examiner, il sera principalement question du rôle des travaux en laboratoire dans la recherche d'une réponse à des problèmes pratiques.

L'interaction entre la vision et l'environnement est un phénomène assez complexe; il sera donc question d'un certain nombre des fonctions de l'oeil pour la part qu'elles jouent dans la perception de l'environnement visible. Nous nous limiterons à cinq points principaux, à savoir :

1) L'adaptation à l'obscurité ou l'étude de la sensibilité absolue de l'oeil, 2) La sensibilité relative à la lumière si l'on admet que l'oeil qui contient deux types de détecteurs possède une sensibilité sélective aux ondes lumineuses qui forment le spectre visible, 3) La vision des couleurs et particulièrement le rôle des cônes qui servent à la vision photopique pour la perception de l'environnement, 4) L'éblouissement ou le problème que posent des niveaux d'intensité inégaux dans le milieu et enfin, 5) La sensibilité au contraste qui touche les aspects temporels et spatials de la vision qui sont si importants pour la perception des formes.

Nous donnerons pour chaque point, une brève description du domaine avec un résumé des faits connus et des idées générales qu'on peut en tirer. Mais l'objet principal de cette communication est de sortir du cercle des généralités contenues dans les manuels, c'est-à-dire que nous chercherons à faire ressortir l'importance des différences qui existent d'un individu à l'autre sur le plan de la vision et de leur rapport avec les problèmes qui nous intéressent. Car au-delà des courbes lisses qui illustrent les fonctions de l'oeil dans les manuels, il existe une myriade de réponses individuelles qui diffèrent profondément des courbes bien connues, à tel point que nous pouvons les considérer comme des exceptions à la règle. Tout d'abord, les réponses diffèrent même au sein des populations sélectionnées que nous avons examinées (il s'agissait dans la plupart des cas de jeunes étudiants dans des

universités). Les différences seront encore plus prononcées si, élargissant le champ de notre étude, nous nous intéressons aux variations d'une fonction particulière de l'oeil lorsque l'individu vieillit; il existe en outre des écarts extrêmes qui correspondent aux modifications de l'oeil causées par les effets physiologiques et pathologiques de la maladie. La somme de toutes ces variations nous amène à mettre en doute la pertinence de toute observation d'ordre général dans une situation précise comme dans un milieu hospitalier, dans un établissement pour personnes âgées ou, par exemple, dans une école ou en milieu carcéral (pour n'en mentionner que quelques-uns), car dans chacun de ces milieux, la population des "voyants" sera manifestement différente de la norme pour la population en général.

Adaptation à l'obscurité. L'oeil humain répond aux variations extrêmes d'intensité de la lumière par un processus qu'on appelle l'adaptation. "L'adaptation à la lumière" se produit lorsque l'oeil s'adapte lorsque nous passons de l'obscurité à un milieu fortement éclairé alors qu'il y a "adaptation à l'obscurité" lorsque l'oeil ne reçoit plus que de très faibles quantités de lumière après avoir été exposé à une vive clarté. L'adaptation à la lumière est rapide mais difficile à évaluer et certains des problèmes les plus compliqués que posent des niveaux d'éclairement inégaux seront examinés quand nous parlerons de l'éblouissement.

Nous parlerons ici de l'adaptation à l'obscurité qui est un processus plus lent et plus facile à mesurer. L'étude des seuils d'adaptation à l'obscurité permet en outre de mesurer le seuil de sensibilité absolu de l'appareil optique. La courbe classique, qui illustre l'adaptation à l'obscurité, comporte des segments distincts pour les cônes et les bâtonnets. D'abord, dans la partie se rapportant aux cônes, on constate une chute abrupte de l'adaptation avec le temps qui atteint un palier au bout de cinq minutes alors que la partie de la courbe qui correspond aux bâtonnets s'abaisse moins abruptement mais de façon constante pendant au moins 10 minutes encore. Le point où les deux segments se rencontrent marque le passage de la vision photopique (une fonction dévolue principalement aux cônes) à la vision scotopique (fonction remplie essentiellement par des bâtonnets). La vitesse de l'adaptation varie d'un individu à l'autre.

On est généralement d'avis que ces seuils achromatiques absolus non seulement varient chez les individus jeunes, mais s'élèvent graduellement avec l'âge au point qu'il existe une différence d'environ deux unités logarithmiques (c'est-à-dire de 1 à 100) entre un jeune de seize ans et un autre de dix-neuf ans. On a de plus la preuve que diverses affections touchant les yeux ou l'ensemble de l'organisme modifient la capacité d'adaptation à l'obscurité et accélèrent le vieillissement de sorte que, par exemple, une personne de soixante-quatre ans souffrant d'une maladie en particulier peut subir des pertes de 100 à 1000 fois plus importantes que des témoins du même âge. Dans ce cas, l'augmentation totale de la valeur seuil par rapport à celle des sujets jeunes serait de 4 à 5 unités logarithmiques soit un rapport de 1 à 100 000. Il n'existe pas encore de normes d'âge dans l'adaptométrie chromatique mais d'après ce que nous avons pu constater jusqu'à présent, il semble que les pertes au niveau de la fovea touchent davantage les ondes plus courtes alors que les pertes rétiniennes périphériques sont surtout importantes pour les ondes plus longues.

Ceci a de l'importance dans le domaine des sciences appliquées et tout spécialement depuis qu'il est populaire de chercher à connaître les niveaux d'éclairage les plus faibles qui sont nécessaires dans chaque situation pour économiser l'énergie et ce que nous savons de ce qui accélère le vieillissement et par conséquent la perte au niveau du seuil de sensibilité absolue est très importante dans les hôpitaux et les établissements pour personnes âgées.

Sensibilité relative à la lumière. L'oeil, en plus de percevoir la teinte et la saturation, est aussi impressionné par la brillance et la luminance. Il faut ici souligner que l'oeil agit comme un détecteur sélectif et que sa sensibilité n'est pas uniforme à l'égard de toutes les ondes qui composent le spectre. Puisque l'oeil contient des détecteurs de deux types, les bâtonnets et les cônes, il y a au moins deux types de sensibilité qui sont fonction du niveau d'adaptation d'ensemble de l'appareil optique. On parle de sensibilité photopique lorsque l'oeil s'adapte à une lumière de forte intensité (par exemple à la lumière du jour, qui donne la courbe photopique ($V_\lambda$) et de sensibilité scotopique lorsque l'oeil s'adapte à la pénombre (on a

alors une courbe scotopique ($V_\lambda'$)). Il existe en outre une vision mésopique lorsque les bâtonnets participent autant que les cônes à la sensibilité à la lumière. En conséquence, il se produit des modifications dans la brillance apparente des couleurs des surfaces lorsque le niveau d'adaptation à la lumière ambiante varie, c'est l'effet Purkinje.

Encore là, la plupart des données sur les deux fonctions relatives à la luminosité avaient été recueillies auprès de jeunes et les luminances des appareils d'éclairage qu'on donne habituellement sont basées sur de telles données. Il en est de même de l'emploi de photomètres qui sont étalonnés pour correspondre à la sensibilité des yeux de sujets jeunes. Mais on sait depuis longtemps déjà que même chez les sujets jeunes, les valeurs $V_\lambda$ varient largement d'un individu à l'autre et il s'est fait très peu de travaux sur le vieillissement ou sur ces problèmes médicaux. Pourtant bon nombre de maladies qui entraînent une baisse de la vue provoquent également des changements ou des déplacements dans les courbes $V_\lambda$. Par exemple, chez ceux dont le défaut ressemble aux anomalies congénitales du sens chromatique comme la protanopie, le sommet de la courbe photopique $V_\lambda$ est graduellement déplacé vers les longueurs d'onde les plus courtes. Certaines affections et le vieillissement provoquent un effet Purkinje pour des niveaux d'adaptation à la lumière beaucoup plus élevés que ceux qui seraient normalement observés chez des sujets jeunes; en fin de compte, il se produit ce qu'on a appelé une "scotopisation" de la sensibilité relative à la lumière. Par conséquent, lorsqu'une adaptation photopique serait nécessaire, la vision devient mésopique et même scotopique chez ceux qui ont perdu beaucoup de sensibilité à la brillance, c'est-à-dire qu'il n'y a plus de couleur et qu'il y a modification des valeurs relatives de brillance pour les différentes longueurs d'ondes (ou couleurs). Par exemple, dans ces circonstances, les bleus, les bleus verts et les pourpre paraissent plus clairs que les orange et les rouges. Il faut encore noter que la courbe de sensibilité spectrale ne donne pas une image complète des modifications de l'oeil avec l'âge étant donné qu'elle ne nous renseigne pas sur les pertes absolues.

Ceci a des conséquences pratiques. Chaque fois qu'il est nécessaire de prendre des décisions au sujet des niveaux d'éclairement requis pour les personnes âgées et les malades dans les hôpitaux, la solution est différente; en effet, les problèmes d'éblouissement, de perception des couleurs et les mesures de la luminance acquièrent une nouvelle pertinence. Les différences entre les concepts de "luminance" et de "brillance" n'ont pas toutes été résolues et il faut pousser plus loin les distinctions. Récemment encore, on a critiqué le fait que les valeurs de luminosité relative établies et sur lesquelles la courbe $V_\lambda$ normalisée par la CIE est basée tombent très évidemment hors de la trajectoire dans les zones des bleus.

Vision des couleurs. Des études de laboratoire effectuées sur des sujets jeunes choisis avec attention ont permis d'établir que, dans une population constituée au hasard, les ratios de mélange des couleurs sont normalement répartis autour d'une valeur modale et suivent une courbe en cloche de Gauss alors que la courbe correspondant à la capacité de distinguer les couleurs est en dent de scie, la majorité des sujets ayant un bon pouvoir de discrimination et ceux qui ont un pouvoir de discrimination plus faible étant de moins en moins nombreux. Mais, du moment que nous nous éloignons des populations aussi homogènes, nous découvrons que les déficiences peuvent être très différentes d'un individu à l'autre. Ceci est dû à plusieurs facteurs, certains héréditaires, certains acquis. Environ 10 % des sujets mâles (1 % des sujets femelles) ont hérité d'un défaut de discrimination; en outre, l'âge influence le pouvoir de discrimination avant la puberté et durant la vieillesse. Chez les personnes âgées en particulier le pouvoir de discrimination s'affaiblit rapidement. Évidemment, les défauts de discrimination peuvent aussi être le résultat de maladies affectant l'oeil ou l'ensemble de l'organisme. Le pouvoir de discrimination est à son meilleur entre 16 ans et 35 ans, et seuls des sujets jeunes ayant une vue normale à cet égard peuvent percevoir le nombre extraordinaire de couleurs qui les entourent. Tous les autres en perçoivent moins à cause d'un appauvrissement ou de la modification de leur capacité. Il est difficile de dire quelle proportion de la population jouit d'un bon pouvoir de discrimination des couleurs, mais on peut affirmer sans exagérer qu'entre 5 et 10 % des déficiences acquises peuvent être aussi importantes que tout défaut héréditaire de perception des couleurs et, à ce

chapitre, il n'y a pas de distinction entre les hommes et les femmes. En plus de ces déficiences, certaines résultent des modifications que subit l'oeil avec l'âge ou qui sont précipitées par certaines maladies; on a récemment observé que l'appauvrissement de la vision colorée pouvait précéder les symptômes d'une maladie. Donc, il est maintenant prouvé que la vision des couleurs se modifie au cours de la vie, qu'il existe des différences inhérentes au développement chez les jeunes et que la sénescence amène une détérioration. On peut sans crainte affirmer que la perception des faibles longueurs d'ondes (c'est-à-dire de la zone bleue du spectre) est la moins stable et la plus susceptible d'être altérée au cours du vieillissement.

Lorsqu'il est question de préférences en matière de couleurs, de réactions subjectives et physiologiques à l'égard des couleurs et de la mesure des sensibilités rétiniennes dans le champ visuel, il importe de tenir compte de la vision colorée chez chaque individu. Ceci est aussi essentiel pour les ingénieurs spécialistes de l'éclairage, les architectes et les personnes chargées de l'aménagement des intérieurs. Lorsqu'ils sont appelés à aménager des hôpitaux, des écoles et des prisons, ceux-ci doivent fonder leur choix en matière de couleurs non sur des bases arbitraires ou sur des hypothèses gratuites, mais sur des données qui correspondent effectivement à leur intention. Dans tout milieu où l'âge des occupants intervient et apporte des variables psychologiques ou physiologiques, il faut d'abord examiner la vision des couleurs des individus qui vont occuper les locaux, puisque celle-ci peut exercer une influence très importante sur les réactions psychologiques ou émotionnelles.

Donc, dans toute situation où il existe une interaction complexe entre un observateur humain et le milieu coloré qui l'entoure, il est important de bien définir les caractéristiques de sa vision colorée; non seulement faut-il chercher à savoir s'il existe un appauvrissement congénital du monde coloré, mais aussi si celui-ci s'écarte normalement des valeurs les plus fréquentes dans une population donnée. Il faut non seulement déterminer les limitations visuelles d'une population, mais chercher à savoir, lorsqu'il est question de choix, de préférences et de réactions à l'environnement, si l'oeil traite mal les signaux qui lui parviennent au niveau sensoriel ou s'il fonctionne

parfaitement car nous supposons que toute anomalie dans le traitement des signaux va influencer la perception et l'extraction de l'information et par conséquent la réponse à des relations perceptuelles complexes.

Éblouissement. Lorsqu'on parle de l'environnement visuel, il est important d'aborder la question de l'éblouissement car c'est évidemment le problème pratique qui se pose le plus souvent dans la réalité. Le modèle théorique au sujet de l'éblouissement, qui est basé sur la dispersion de la lumière à l'intérieur de l'oeil, ne peut expliquer que quelques-uns des phénomènes qui se rapportent à l'éblouissement. Ce modèle vient d'ailleurs en conflit avec la majorité des résultats d'expériences, car si on suppose qu'une diminution de la visibilité au niveau de la surface de travail est due à la partie de la lumière dispersée d'une source qui forme un voile, il est impossible d'expliquer les avantages de l'éclairage ambiant étant donné que cette lumière devrait elle aussi être dispersée dans l'oeil et augmenter l'effet de voile. L'éblouissement est donc la sensation produite lorsque la luminance dans le champ visuel dépasse la luminance à laquelle les yeux sont adaptés au point de provoquer de l'inconfort ou une diminution de la capacité de voir ou de la visibilité. Dans la pratique, on distingue deux types d'éblouissement : 1) l'éblouissement source d'inconfort, lorsque le sujet bien qu'il soit inconfortable ne perd pas nécessairement de sa capacité de voir et que la visibilité n'est pas diminuée et 2) l'éblouissement incapacitant lorsque la capacité de voir et la visibilité sont réduites au point où il devient presque impossible de voir quoi que ce soit. Il arrive souvent que la nuit, les réverbères occasionnent un éblouissement du second type tandis que l'éblouissement du premier type peut être provoqué par les éclairages modernes dans les édifices. Au début, les chercheurs ne se sont pas beaucoup intéressés aux différences individuelles et aux pertes occasionnées par le vieillissement et ce n'est qu'à la fin des années 30 que leur attention s'est portée sur l'équation personnelle quand on a remarqué que les personnes qui portent des verres étaient moins sensibles au contraste, plus facilement incommodées par les sources de lumière éblouissante et plus à l'aise dans un milieu éclairé par des lampes au sodium.

Cependant, des études systématiques de l'éblouissement source d'inconfort et de l'éblouissement incapacitant ont clairement établi que l'âge influence la visibilité, le temps de récupération et l'appréciation de la ligne de démarcation entre le confort et l'inconfort. Le potentiel visuel des personnes âgées est trois ou quatre fois plus réduit que celui des sujets jeunes lorsque l'éclairage ambiant est égal et surtout lorsque le local est mal éclairé et que les niveaux de luminance dans la zone qui entoure la surface de travail ne sont pas uniformes. Certains prétendent que ces réductions de la réponse de l'oeil chez les sujets âgés pourraient bien établir une limite critique au-delà de laquelle on ne pourrait plus réduire la luminance au niveau des surfaces de travail pour économiser l'électricité. Le temps que l'oeil prend pour se remettre d'un éblouissement augmente également. S'il est de 4 secondes vers l'âge de quarante ans, il passe à 8 secondes vers l'âge de soixante ans. Des études de l'éblouissement source d'inconfort confirment une relation négative entre la ligne de démarcation entre le confort et l'inconfort et l'âge, alors que d'autres études, surtout celles qui ont été faites chez les gens qui consomment de l'alcool, ont révélé que, chez certaines personnes, la résistance à l'éblouissement était plus faible.

Sensibilité au contraste. Il est surtout question à ce sujet de la sommation temporelle et de la sommation spatiale. Cette question peut être abordée de trois façons. Si l'on parle de l'acuité visuelle, on considère le contraste maximal entre l'objet et le milieu ambiant alors que si l'on se sert de la fonction de transfert de modulation, on utilise des ondes sinusoïdales pour obtenir des variations de contraste entre 0,5 % et 100 % dans des configurations spatiales ou temporelles. Adrian a déjà parlé des causes fondamentales qui entraînent une modification de l'acuité visuelle. Nous voulons souligner que dès la seconde moitié du dix-neuvième siècle, les modifications de l'acuité avec l'âge correspondant à un déclin constant du nombre de sujets parvenant à une acuité normale en vieillissant étaient déjà bien étayées par des documents. Il existe également beaucoup d'articles sur les pertes de l'acuité résultant d'états morbides : cataractes, dégénérescences juvénile ou sénile de la macula, pathologies rétiniennes et atteinte des vaisseaux, etc. Mais il faut souligner que même dans leurs phases avancées bon nombre de ces maladies oculaires ne provoquent qu'une

légère baisse de l'acuité. Sur l'échelle Snellen, une acuité de 1,0 ou mieux n'indique pas nécessairement que la fonction de la macula est intacte et ne fait pas penser à un défaut possible de la vision et par conséquent, à la dégradation des formes qui entourent le sujet.

L'étude des fonctions de transfert de modulation permet une nouvelle approche dans les modes spatial et temporel et nous fournit une description plus étendue de ce que la vision des formes suppose. L'âge altère la sensibilité au contraste spatial, il y a perte des fréquences les plus élevées dans la sommation spatiale et cette perte semble attribuable à des facteurs qui ne sont pas une simple réduction de l'éclairement de la rétine (principale cause supposée de la perte de l'acuité). On a, là encore, démontré que certaines maladies de l'oeil entraînent une perte dans les fréquences les plus élevées alors que d'autres touchent les fonctions de transfert des basses fréquences. Par conséquent, il est clairement prouvé que l'âge influence l'acuité et particulièrement la sensibilité au contraste spatial. Et ceci est mis en évidence par le fait que les personnes âgées ne peuvent voir des détails minuscules dans une image ou, si vous préférez, la perception des fréquences spatiales élevées définissant la forme est proportionnelle à l'âge.

On sait moins de chose des différences individuelles au sujet de la fonction temporelle et de l'effet de Lange. Le phénomène de la fusion critique des fréquences (FCF) a été investigué à fond en Europe, entre 1950 et 1960 et on possède une somme assez importante de données sur le vieillissement et l'excentricité rétinienne ainsi que sur les variables relatives aux longueurs d'ondes provoquant un stimulus qui influencent les réponses à un éclair bref. La FCF diminue avec l'âge, c'est-à-dire que pour les personnes âgées, une lumière clignotante paraît immobile lorsque la fréquence des éclairs successifs est relativement basse par rapport à la fréquence perçue par les jeunes. Dans une population où l'âge des sujets s'étale de 20 à 70 ans, la réduction va de 40 à 30 Hz respectivement.

## Conclusion

Nous espérons vous avoir présenté suffisamment de données pour prouver que les normes générales ne doivent être considérées que comme des guides pour la conception de l'éclairage. Elles ne peuvent que nous indiquer où commencer, mais nous ne devons pas oublier que chaque environnement appelle une solution particulière suivant la population qui y vivra. Par exemple, si on prévoit l'éclairage en fonction de normes bien établies, dans un hôpital pour personnes âgées par exemple, nous tiendrons compte du fait que l'acuité visuelle des bénéficiaires est réduite et que les fréquences qui déterminent le contraste spatial leur sont moins perceptibles à cause de facteurs qui n'ont rien à voir avec l'absorption de la lumière avant d'atteindre les récepteurs qui réduit les ondes parvenant à la rétine. Les personnes âgées sont incapables d'apprécier les nuances d'un agencement de couleurs délicat. Bon nombre ont une vision mésopique même lorsque l'éclairage ambiant est suffisant et si on augmentait l'éclairage, on ne pourrait que les rendre inconfortables et peut-être même les empêcher de voir en les éblouissant. Pour ces personnes, la seule chose qui soit avantageuse est le fait que les variations brèves de la lumière dans un éclairage fluorescent ne les incommodent pas autant que les sujet qui ont une vision normale.

## BIBLIOGRAPHIE


1. BOYNTON, R.M., Human color vision. Holt, Rinehart, and Winston, New York, 1979.

2. CORSO, J.F., Aging sensory systems and perception. Praeger Pub., New York, 1981.

3. HOPKINSON, R.G. and COLLINS, J.B., The ergonomics of lighting. MacDonald Technical and Scientific, London, 1970.

4. LE GRAND, Y., Light, colouor and vision (2nd Edition). Chapman and Hall, London, 1968.

5. POKORNY, J., SMITH V.C., VERRIEST, G. and PINKERS, A.J.L.G., (Eds.), Congenital and acquired colour vision defects. Grune and Stratton, New York, 1979.

6. SECULER, R., KLEIN, D.W., DISMUKES, K., Aging and human visual function. Liss, New York, 1982.

7. WEALE, R.A. The aging eye. Lewis, London, 1963.

8. Working Group 41, Procedures for testing color vision. National Academy Press, Washington, D.C., 1981.

# L'IMPACT DE LA COULEUR SUR LA VISION

A. Robertson, Ph.D.,
Division de la Physique,
CNR, Ottawa

## Résumé

Nous expliquons brièvement les méthodes CIE et Munsell servant à préciser les couleurs; nous examinons le calcul des indices de rendu de couleurs et de différence de couleurs et nous suggérons quelques applications à l'éclairage des hôpitaux.

## Introduction

Il m'est impossible, dans le temps alloué, d'examiner en détail tous les aspects de la science des couleurs et ses applications aux hôpitaux. Je vais donc analyser surtout certains aspects importants et m'occuper très brièvement de certains autres. Pour commencer, examinons quelques termes et concepts relatifs aux couleurs, puis la manière dont on devrait appliquer ces concepts à la conception d'éclairage d'hopitaux.

## Stimulus physique

La sensation de couleur se produit lorsqu'un rayonnement électromagnétique d'une certaine longueur d'onde pénètre dans l'oeil. À des fins pratiques, on peut considérer que le spectre de l'effet visuel va de 380 à 780 nanomètres. [Le nanomètre, dont l'abréviation est nm, correspond à $10^{-9}$ mètres]. L'émission de lumière par les sources ainsi que sa réflexion, absorption ou transmission par des objets doit être considéré en termes de stimulus physique (déterminé par sa répartition spectrale de puissance), mais la sensation réelle se produit chez l'observateur lui-même. Strictement parlant, il est donc erroné d'utiliser les noms des couleurs lorsqu'on parle des rayons que comprend le stimulus, mais nous le ferons quand même pour des raisons de commodité.

La sensation de couleur dépend non seulement du stimulus lui-même mais aussi de toute une gamme d'autres facteurs comme la nature des autres stimuli qui se trouvent dans le champ visuel, la nature des autres stimuli que l'on a vu récemment, l'ampleur et la forme du stimulus, le fait qu'il soit mobile ou fixe, et bien d'autres facteurs. Le système visuel humain est extrêmement complexe et nos connaissances à son sujet restent incomplètes.

## Photo-récepteurs

On sait maintenant avec une assez bonne certitude que la première étape de notre système de vision des couleurs est la réception des stimuli par des photo-récepteurs appelés "cônes", qui se trouvent dans une région appelée la rétine, à l'arrière du globe oculaire. Ces cônes absorbent les rayonnements électromagnétiques et produisent des impulsions nerveuses qui sont alors acheminées vers des sections plus éloignées du système. Il y a trois types de cônes, chacun ayant une sensibilité spectrale différente. La figure 1 donne une estimation, basée sur des données expérimentales, des sensibilités spectrales de ces trois types de cônes. Ceux-ci sont parfois désignés sous le nom de cônes bleus, verts et rouges parce qu'à l'origine on pensait que leur sensibilité se trouvait dans des parties du spectre que l'on perçoit généralement et respectivement comme du bleu, du vert et du rouge. Nous savons cependant aujourd'hui que cela n'est pas tout à fait le cas. Les sensibilités sont très larges et il y a un chevauchement considérable; les sensations effectives de bleu, vert et rouge se produisent uniquement suite à un traitement complexe par les neurones, à partir des signaux de tous les trois cônes.

Il importe de se rendre compte que chacun des trois types de cônes, en lui-même, ne différencie pas entre les couleurs. Il ne peut pas distinguer l'un de l'autre deux stimuli de longueurs d'ondes différentes si le rapport des énergies des deux stimuli compense exactement la sensibilité différente du cône aux deux longueurs d'ondes. C'est uniquement parce qu'il y a trois types de cônes, chacun doté de sa propre sensibilité spectrale, que l'ensemble du système peut distinguer diverses longueurs d'ondes, et donc posséder une vision des couleurs.

## Mélange additif des couleurs

Puisqu'aucun des trois types de cônes ne peut distinguer les couleurs, et parce qu'il n'y a que trois types, il est possible d'apparier la couleur perçue de n'importe quel stimulus à un mélange de trois stimulus "primaires" correctement choisis.

Imaginons trois projecteurs, dont chacun projette une tache de lumière sur un écran blanc. Un projecteur produit une tache rouge, un autre une tache verte et le troisième une tache bleue (figure 2). Là où les taches rouges et vertes se chevauchent, les répartitions spectrales de puissance des deux stimuli s'ajoutent l'une à l'autre pour produire un stimulus combiné qui semble jaune. Là où les taches bleues et vertes se chevauchent, les stimuli combinés semblent blue-vert (on l'appelle parfois cyan), tandis qu'au chevauchement du bleu et du rouge, le stimulus combiné semble pourpre (on l'appelle parfois magenta). Enfin, là où toutes les trois taches se recouvrent, le stimulus combiné paraît blanc. En réalité, en ajustant convenablement les quantités des trois primaires, on peut retrouver pratiquement n'importe quel stimulus d'essai de couleur choisi arbitrairement. La gamme précise des stimuli

de couleur qu l'on peut reproduire dépend du choix des trois stimuli primaires.

## Métamères

En procédant à cet appariement, nous formulons l'égalité des signaux des trois types de cônes. Bien que la composition du stimulus d'essai et du stimulus équivalent (ce dernier étant produit en mélangeant ensemble les trois primaires) soit assez différente, le système visuel ne peut pas les distinguer l'un de l'autre parce que les signaux de sortie des trois cônes sont les mêmes pour chacun des stimuli. Aucun traitement supplémentaire ne peut rétablir l'information qui a été perdu; les deux stimuli différents donnent donc la même sensation de couleur. On appelle ce genre de stimuli des stimuli métamériques, où des métamères.

La figure 3 donne un exemple de stimuli métamériques. À l'instar de toutes les paires de stimuli métamériques, les courbes de répartition spectrale de puissance s'entrecroisent au moins trois fois dans le spectre visible. Le stimulus 1 est une lampe à incandescence. Le stimulus 2 et une répartition spectrale de puissance plus complexe qui a exactement le même aspect, aux yeux de l'observateur moyen. Notons que l'on ne peut pas prédire exactement quelles couleurs les stimuli sembleront avoir; tout ce que l'on peut dire, c'est qu'il paraîtront identiques dans les mêmes conditions. La couleur effective dépend de nombreux facteurs, tel que noté auparavant. Une fois que nous avons eu le temps de nous y adapter, une lampe à incandescence paraît blanche, mais si nous sommes déjà adaptés à la lumière du jour ou à une lumière fluorescente blanc-froid, une lampe à incandescence nous semble très jaunâtre.

La répartition spectrale de puissance réfléchie par un objet est le produit de la répartition spectrale de puissance de la source éclairante et le facteur de réflexion spectrale de l'objet. Ainsi, si deux objets constituent une paire métamérique, cette équivalence sera généralement détruit par tout changement d'éclairant. De même, à cause de la légère variation des caractéristiques d'appariement des couleurs chez les gens, une paire métamérique pour un observateur peut fort bien ne pas être tout à fait métamérique pour un autre observateur.

## Le système de la CIE

Les quantités des trois stimuli primaires nécessaires pour restituer une couleur d'essai donnée représentent un moyen utile de préciser la couleur d'essai. Cette quantité est connue sous le nom de "composantes trichromatiques" de la couleur d'essai. Autrement dit, les composantes trichromatiques sont les quantités de lumière dans chacun des trois faisceaux du projecteur à la figure 2. Le Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) a défini un système de stimuli primaire afin que tout

le monde puisse utiliser le même système et échanger des informations qui ne prêtent pas à confusion. Les composantes trichromatiques du système CIE sont toujours désignées par les lettres X, Y et Z. En précisant un stimulus de couleur au moyen de ces composantes X, Y et Z permet de décrire ce stimulus de manière standard partout au monde.

Si nous augmentons l'énergie d'un stimulus d'un facteur constant pour toutes les longueurs d'ondes, le principal changement de la sensation de couleur créé par le stimulus sera un changement de luminosité. À prime abord, les autres aspects du stimulus ne changeront pas. Ces autres aspects sont désignés par le terme "chromie" du stimulus. [Parfois on appelle "couleur" ces autres aspects, mais l'expression "couleur" sert plus généralement à inclure tant la luminosité que la chromie]. Lorsque nous voulons préciser uniquement la chromie d'un stimulus, sans égard à sa luminosité , nous normalisons généralement les composantes trichromatiques de la manière suivante:

$$x = X/(X+Y+Z)$$
$$y = Y/(X+Y+Z).$$

Les quantités x et y sont connues sous le nom de "coordonnées de chromaticité" et peuvent être tracées dans le célèbre diagramme de chromaticité de la CIE (figure 4). La limite en fer à cheval de ce diagramme est le lieu des stimuli monochromatiques (à une seule longueur d'onde). Tous les autres stimuli sont à l'intérieur de cette limite.

Le système de la CIE précise les quantités des trois stimuli primaires nécessaires pour restituer l'équivalent du stimulus précisé. Ce système ne constitue pas une spécification de l'apparence. Les quantités en question sont fonction de la quantité de rayonnement absorbée par chacun des trois types de cônes photo-récepteurs de l'oeil humain moyen.

## Système Munsell

Il est possible de décrire l'apparence d'un stimulus de couleur de manière verbale, basé sur notre perception du stimulus. Selon la théorie trichromatique des couleurs, on s'attendrait à ce que cette perception ait trois dimensions ou attributs; or, notre expérience quotidienne le confirme. Parmi les expressions utilisées pour désigner ces trois attributs figurent la "tonalité chromatique" ou "teinte", la "luminosité" et la "saturation". La teinte est l'attribut qui fait qu'une région paraisse similaire à l'une des couleurs perçues rouge, orange, jaune, vert, bleu et pourpre, ou à certaines proportions de deux de ces couleurs. La luminosité est l'attribut qui fait qu'une région semble émettre, transmettre ou réfléchir plus ou moins de lumière. La saturation est l'attribut qui fait qu'une région semble présenter une proportion plus ou moins grande de couleur chromatique.

Pour les objets réfléchissants, on dit souvent "clarté" ou "leucie" plutôt que luminosité. La leucie est la luminosité évaluée proportionnellement à la luminosité d'une aire éclairée de la même manière et qui paraît blanche.

Les couleurs perceptuelles formées par ces trois attributs peuvent être représentées par un modèle géométrique tridimensionnel. Le système Munsell illustré à la figure 5 est un modèle de ce genre. Dans le système Munsell, on utilise le terme "valeur" plutôt que leucie, et "chroma" qui est similaire à "saturation". Les couleurs achromatiques (noir, gris, blanc) sont représentées par des points sur un axe vertical. Des plans horizontaux contiennent des couleurs de valeur constante. À l'intérieur de ces plans, les diverses teintes sont disposées en cercle avec une progression à partir du rouge, en passant par l'orange, le jaune, le vert, le bleu et le pourpre, pour revenir enfin au rouge. Le "chroma" augmente à mesure que l'on s'éloigne du centre du cercle pour suivre un rayon vers l'extérieur.

L'un des avantages du système Munsell est que l'on peut se procurer auprès de la Munsell Color Company des collections de palettes de couleurs soigneusement normalisées, illustrant le système pour les surfaces soit mates, soit brillantes.

## Adaptation chromatique

La couleur perçue d'un objet dépend non seulement du stimulus réfléchi par l'objet lui-même mais aussi d'autres stimuli dans le champ visuel, de la couleur perçue de l'éclairant, et des stimuli visionnés antérieurement.

## Différences de couleur

Les distances dans le diagramme de chromaticité de la CIE (x,y) ou dans l'espace à constantes trichromatiques de la CIE (x,y,z) ne correspondent pas bien à l'ampleur perçue des différences de couleur. C'est pourquoi on a suggéré diverses transformations (appelées formules de différence des couleurs) et visant à assurer un espacement plus uniforme. Aucune des transformations n'est parfaite, mais plusieurs d'entre elles donnent des approximations assez bonnes de l'idéal; elles sont également utiles lorsqu'on veut préciser les tolérances de couleur. Les plus courantes sont deux formules recommandées par la CIE, connues sous le nom de CIELAB et CIELUV.

## Température de couleur corrélée

La température de couleur corrélée est une expression courante mais qui risque de prêter à confusion. Elle provient du fait que jadis les seules sources de lumière étaient les corps chauffés (bougies, feux, lampes à incandescence, etc). La couleur d'un corps chauffé dépend dans une

certaine mesure de son facteur de réflexion spectrale, mais beaucoup plus de sa température. On peut calculer le lieu des chromaticités des corps noirs chauffés, qui est indiqué à la figure 4. Pour un observateur adapté à la lumière du jour, la couleur varie du rouge à faible température (1000° Kelvin) en passant vers l'orange, le jaune et le blanc pour aller vers le bleu aux températures très élevées (10 000° Kelvin).

En se servant de ce lieu comme référence, on définit la température de couleur corrélée d'une source lumineuse comme étant la température du point le plus rapproché sur ce lieu. ("Le plus rapproché" voulant dire "ayant la plus petite différence de couleur"). Malheureusement, la température de couleur corrélée ne représente pas une spécification complète de la couleur. Elle ne dit rien sur la distance à laquelle une source se trouve du lieu du corps noir (c'est-à-dire à quel point elle est verte ou pourpre).

## Indice de rendu des couleurs

Connaître la couleur (chromaticité) d'une source lumineuse ne nous permet pas de prévoir la couleur (chromaticité) d'un objet éclairé par cette source lumineuse. À cette fin, nous devons connaître la répartition spectrale de la source et la répartition du facteur de réflexion spectrale de l'objet. Ces renseignements sont indispensables si nous voulons calculer la répartition spectrale de puissance du stimulus réfléchi par l'objet, et donc sa chromaticité. Deux sources de lumière métamériques, comme celles illustrées à la figure 3, rendront les couleurs d'objets différemment même si les sources elles-mêmes ont des couleurs identiques. La CIE a recommandé une méthode pour évaluer les propriétés de rendu des couleurs des sources lumineuses. Elle classifie les lampes en fonction d'un indice de rendu des couleurs qui mesure le degré auquel les couleurs perçues d'un objet éclairé par une source correspondent à celles du même objet éclairé par une source témoin.

La méthode revient à calculer les changements de chromaticité de huit objets d'essai, à faire une correction pour l'adaptation chromatique, à calculer la différence de couleur moyenne, et à soustraire le tout de 100. Ainsi, la valeur maximale de l'indice de rendu des couleurs est 100, mais le minimum reste indéfini. Des indices de rendu des couleurs négatifs peuvent se produire et ils existent effectivement.

L'une des limitations de l'indice de rendu des couleurs est que la source témoin choisie doit avoir une couleur similaire à celle de la source d'essai, et ce parce que les spécialistes des couleurs n'ont pas encore élaboré une méthode précise permettant de calculer l'effet de l'adaptation chromatique lorsque la différence entre les deux sources est importante. Par conséquent, les indices de rendu des couleurs de lampes de couleurs différentes ne sont pas directement comparables. Par exemple, tant une lampe à incandescence que la lumière naturelle du

jour ont un indice du rendu des couleurs de 100, mais leurs propriétés de rendu des couleurs sont assez différentes.

Le tableau 1 présente les températures de couleur corrélées et les indices de rendu des couleurs de certains types courants de lampes.

## Indice de préférence des couleurs

On utilise parfois un indice de préférence des couleurs pour mesurer le degré auquel les couleurs perçues d'objets éclairés par une source correspondent aux couleurs préférées d'un même objet. On le calcule de la même manière que l'indice de rendu des couleurs, sauf que les couleurs vraies des objets exposés à la source témoin sont remplacées par leurs couleurs préférées (qui sont généralement plus saturées).

Cet indice n'a pas été reconnu officiellement pas les organismes tels que la CIE ou la IESNA (Illuminating Engineering Society of North America).

## Éclairage des hôpitaux

Pour discuter du rôle que jouent les couleurs dans l'éclairage hospitalier, il convient de diviser les activités en quatres catégories:

(i) Diagnostic. La couleur de l'épiderme est souvent un facteur qui permet au médecin ou à l'infirmière de formuler son diagnostic quant à l'état du malade. Un rendu des couleurs exact (c'est-à-dire un indice élevé de rendu des couleurs) ainsi que des conditions qui favorisent la discrimination des couleurs sont évidemment des éléments importants. Le niveau d'éclairement devrait être raisonnablement élevé et les régions adjacentes (draps de lit, murs, etc). ne devraient pas contenir des couleurs fortement saturées qui risquent de fausser l'aspect de l'épiderme des malades.

(ii) Intervention chirurgicale. Là-encore, le rendu des couleurs et la discrimination des couleurs jouent un rôle important mais il semblerait que la discrimination des couleurs prime. En effet, le chirurgien et ses assistants (l'anesthésiste par exemple) doivent pouvoir détecter rapidement et avec précision tout changement même léger de la coloration de la peau et des autres parties du corps.

(iii) Psychologie. La perception qu'a le malade de sa propre santé est un facteur important pour le rétablissement après une maladie ou intervention chirurgicale. Un éclairage qui donne au malade un aspect sain plutôt que pâle et maladif peut être nettement utile dans ce cas.

(iv) **Codage.** Dans un hôpital, de nombreux articles comme les étiquettes des médicaments, les cylindres et tuyaux à gaz, l'équipement d'extinction d'incendie, etc., sont codés au moyen de couleurs. Le fond qui entoure ces couleurs devrait rester aussi libre que possible de couleurs concurrentes, et les couleurs devraient être éclairées par une source qui permets d'identifier, de manière inéquivoque, la couleur et son message.

## Conclusions

1. Le système CIE et le système Munsell sont les deux systèmes les plus courants pour la spécification des couleurs. Le système CIE met en jeu des quantités mesurables, il prévoit quand deux stimuli physiquement différents auront le même aspect. Le système Munsell est basé sur une série d'échantillons de couleurs réelles; on peut s'en servir pour préciser l'aspect dans des conditions définies.

2. On spécifie les sources de lumière en fonction de leur répartition spectrale de puissance. Certaines de leurs propriétés peuvent être résumées sous forme d'indices à un seul chiffre, tels que la température de couleur corrélée et l'indice de rendu des couleurs, mais il faut utiliser avec prudence ces spécifications abrégées.

3. Dans un hôpital, les couleurs jouent un rôle important sous de nombreux aspects. Selon l'application, un rendu exact des couleurs, une discrimination précise des couleurs ou la préférence des couleurs peuvent être des facteurs déterminants.

Tableau 1

Types courants de lampes

| | Température de couleur corrélée ($T_c$) | Indice de rendu des couleurs ($R_a$) |
|---|---|---|
| Lumière du jour naturelle | 6500 | 100 |
| Incandescence | 2850 | 100 |
| Blanc chaud | 3020 | 52 |
| Blanc chaud de luxe | 2940 | 73 |
| Blanc froid | 4250 | 62 |
| Blanc froid de luxe | 4050 | 89 |
| Trois-bandes (CW) | 4200 | 82 |
| $D_{65}$ simulée | 6520 | 91 |
| À mercure, claire | 5710 | 15 |
| À mercure, à amélioration des couleurs | 4430 | 32 |
| Halogénure métallique | 3720 | 60 |
| À sodium à basse pression | 1740 | -44 |
| À sodium à haute pression | 2100 | 21 |

Tiré du Manuel de la IES, 1981 (réf. 5)

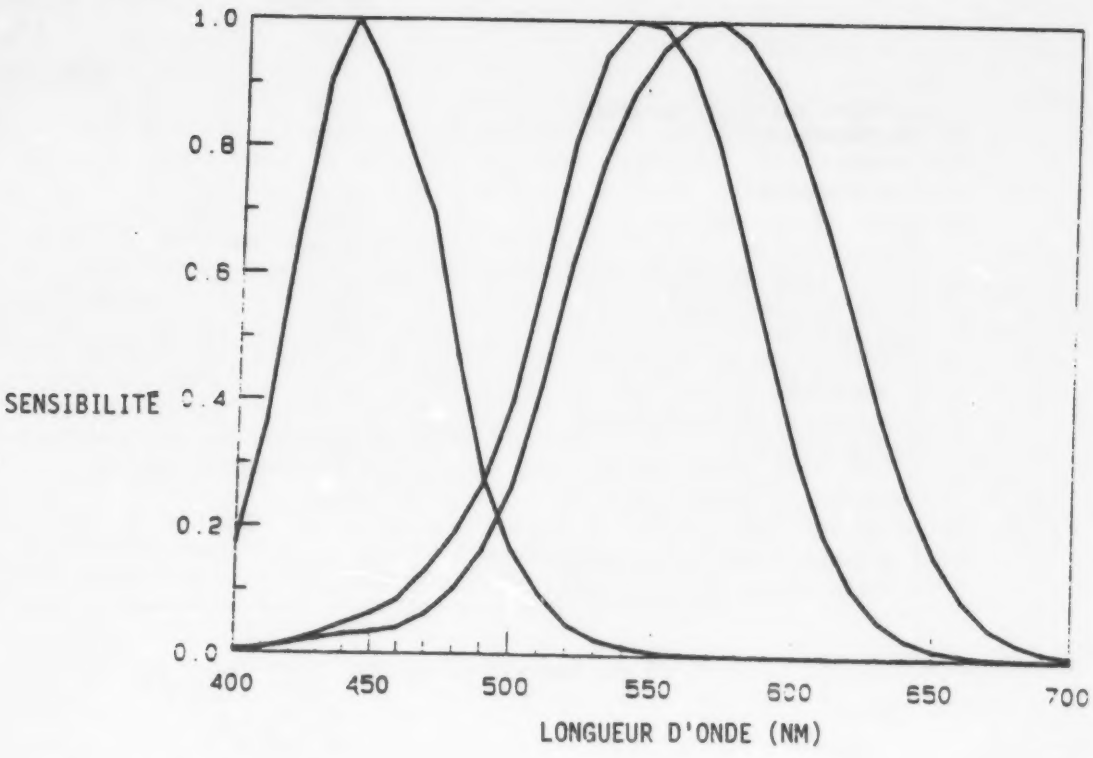



Figure 1 Estimation des sensibilités spectrales des trois types de cônes de l'oeil humain.

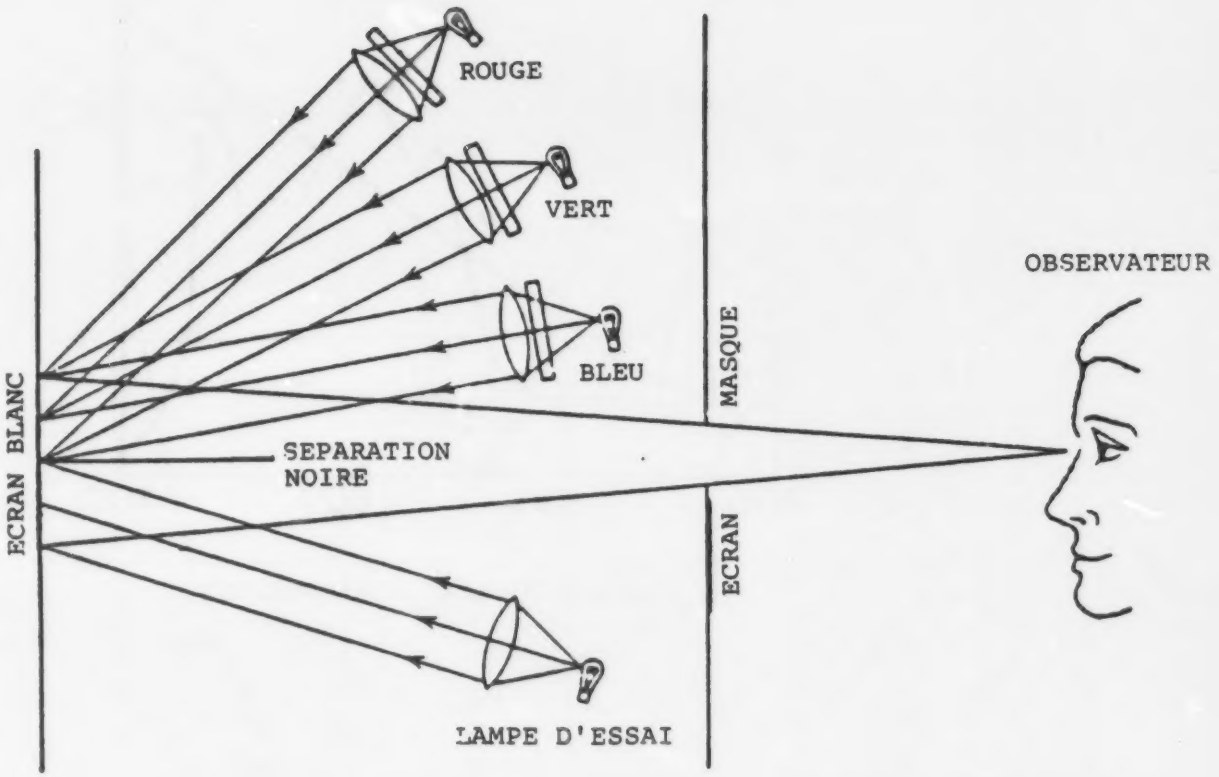



Figure 2 Mélange additif de trois stimuli primaires pour restituer l'équivalence d'un stimulus d'essai. (Tiré de la réf. 1).

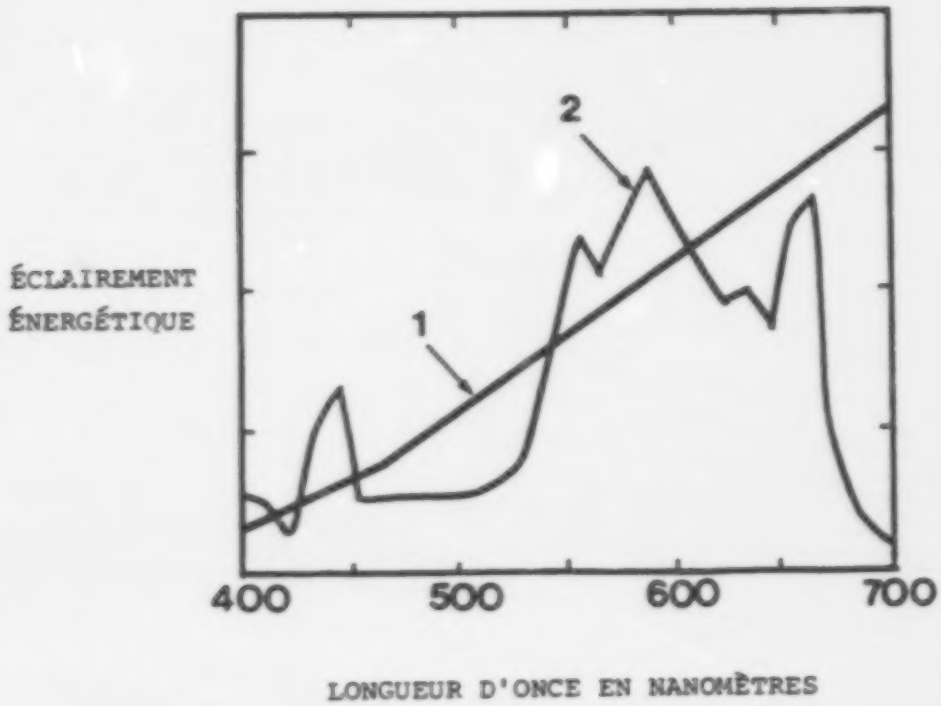



Figure 3 Répartitions spectrales de puissance d'un couple de lampes métamérique. (Tiré de la réf. 5).

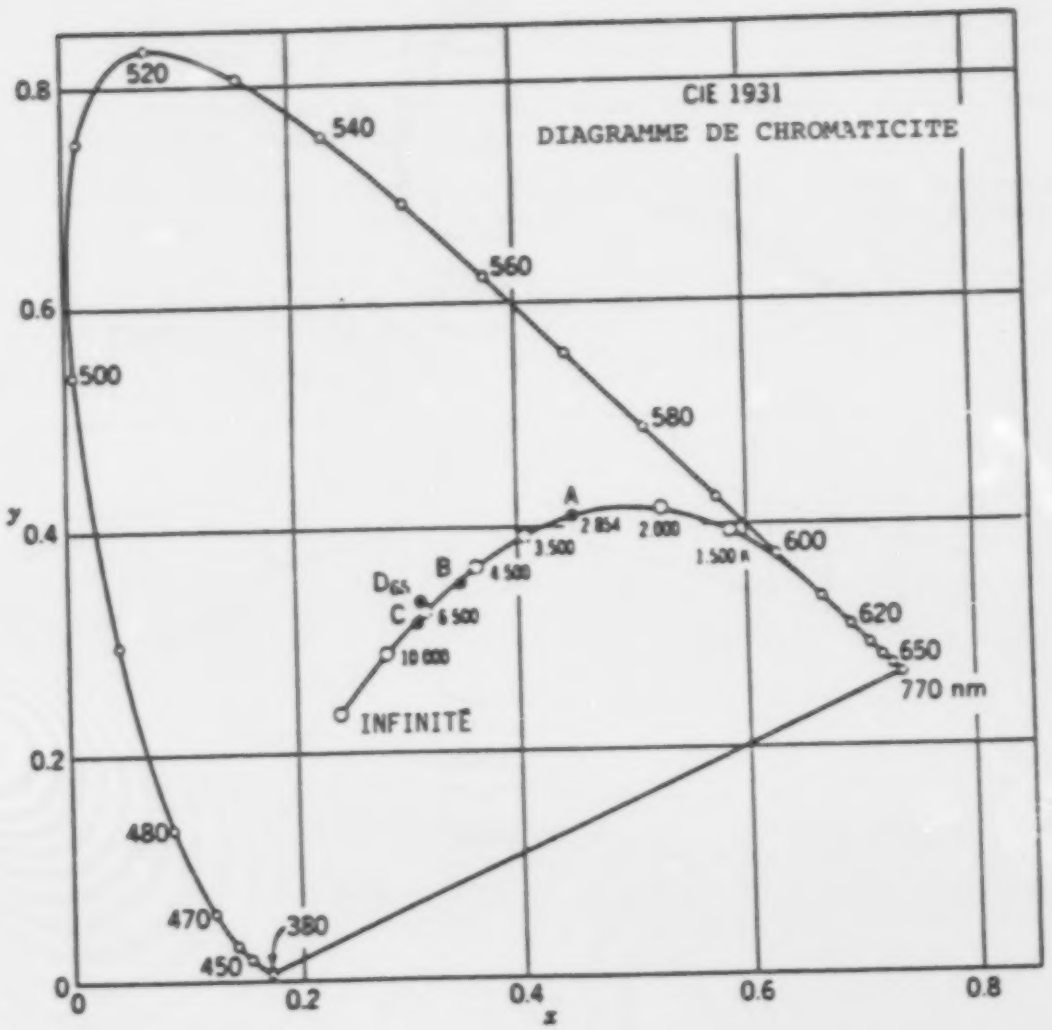



Figure 4 Diagramme de chromaticité CIE 1931 avec le lieu des chromaticités du corps noir. Les points A, B, C, et $D_{65}$ sont les chromaticités des éclairants standards de la CIE. (Tiré de la réf. 4).

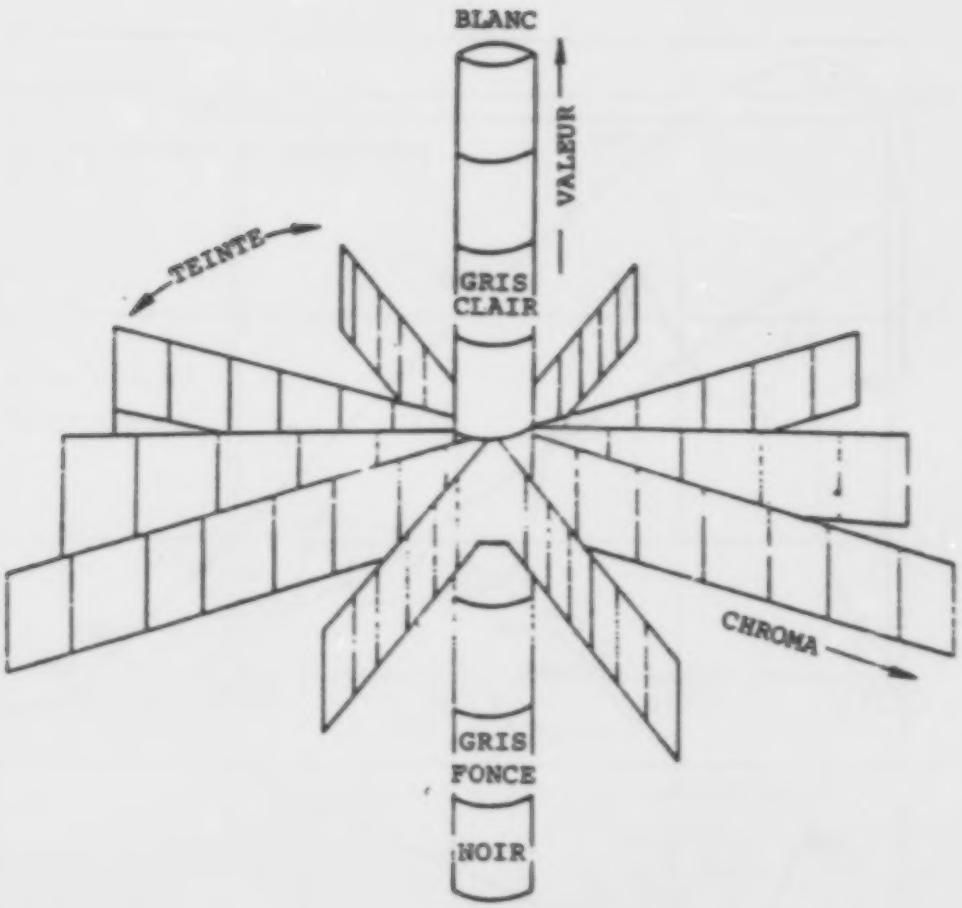



Figure 5 Système de couleurs Munsell. (Tiré de la réf. 2).

Bibliographie


1. F.W. Billmeyer, Jr. et M. Saltzman, Principles of Color Technology, 2e éd., Wiley: New York (1981).

2. R.S. Hunter, The Measurement of Appearance, Wiley: New York (1975).

3. C.W. Jerome, Color Rendering Properties of Light Sources, Color Res. Appl, 1, 37-42 (1976).

4. D.B. Judd et G. Wyszecki, Color in Business, Science, and Industry, 3e éd., Wiley: New York (1975).

5. J.E. Kaufman (Ed.), IES Lighting Handbook - 1981 Reference Volume, Illuminating Engineering Society of North America: New York (1981).

6. G. Wyszecki et W.S. Stiles, Color Science, 2e éd., Wiley: New York (1982).

# EFFETS DE L'ÉCLAIRAGE SUR LA SANTÉ

**Richard Corth**
**Recherche et développement**
**North American Philips Lighting Corporation**
**Bloomfield, NJ 07003**

Si votre sélection des sources de lumière dans la conception doit être influencée par la prise en compte des effets éventuels que peut avoir sur la santé la composition spectrale de l'illuminant, vos choix risquent d'être limités. Tout ce que vous avez pu entendre jusqu'à présent ou ce que vous risquez d'entendre à l'avenir sera plus ou moins inutile si les illuminants que vous souhaitez utiliser sont proscrits en raison de leurs effets sur la santé.

Je voudrais vous présenter aujourd'hui des informations, qui, j'en suis sûr, vont quelque peu vous rassurer quant aux effets éventuels sur la santé, effets liés à la composition spectrale des illuminants. Cherchons tout d'abord pour quelles raisons l'on soupçonne la composition spectrale des illuminants utilisés dans l'éclairage général de provoquer des effets physiologiques. Il a souvent été dit que l'homme évoluant sous une lumière particulière devait s'y adapter. L'idée semble raisonnable. Mais en quoi consiste cette soi-disant lumière "naturelle" à laquelle l'homme doit son évolution?

Selon une hypothèse répandue, la lumière "naturelle" est celle du soleil dans un ciel dégagé. Ainsi, toute distribution spectrale de puissance qui est différente de la lumière solaire risque de produire des effets biologiques néfastes qui sont dus, soit à l'absence de certaines longueurs d'ondes soit à leur spectre, différent de celui de la lumière solaire. Cependant, certaines études en paléobiologie, en anthropologie physique, en physiologie, en anatomie et en sciences visuelles indiquent que les primates, dont l'homo sapiens est le dernier représentant, se sont développés pendant quelque 80 millions d'années, non pas sous la lumière du soleil mais plutôt dans la lumière d'une forêt. Sous la voûte forestière, la lumière est très différente de la lumière solaire dans un ciel dégagé. En raison des caractéristiques spectrales d'absorption et de réflexion du feuillage, la lumière dans une forêt a une distribution de puissance dont le pic est situé dans le "jaune-vert", à une longueur d'onde correspondant au pic de sensibilité de l'oeil humain (figure 1). La correspondance entre la sensibilité de l'oeil et le spectre de la lumière en forêt peut difficilement constituer une coïncidence évolutionniste. Il existe de très nombreuses données convaincantes qui montrent que la sensibilité de l'oeil de certains organismes correspond aux caractéristiques spectrales du milieu dans lequel ils ont évolué.

Il existe d'autres facteurs qui confirment l'idée selon laquelle l'homme s'est adapté à la lumière en forêt. L'un des plus importants est la structure rétinienne. La rétine des animaux qui vivent en rase campagne est très différente de celle des animaux qui vivent en forêt. En rase campagne, les animaux reçoivent des signaux visuels qui sont situés dans une zone horizontale plus ou mois étroite sur la rétine. La rétine de ces animaux est constituée de telle sorte que cette bande horizontale, appelée "bande visuelle", est une zone de grande acuité visuelle. Par contre en forêt, les animaux reçoivent des signaux visuels verticalement aussi bien qu'horizontalement et leur rétine contient une zone circulaire de haute acuité visuelle. La rétine de l'homo sapiens correspond à cette dernière catégorie; l'oeil humain a la même structure rétinienne que celui des habitants de la forêt.

En outre, il suffit de voir comme la lumière solaire peut être néfaste à l'homme pour mettre en doute l'idée d'évolution sous la lumière du soleil, qui produit entre autres le cancer de la peau, les brûlures, la cataracte, et la dégradation rétinienne. Nous ne pouvons même pas nous adapter visuellement à l'intensité de la lumière du soleil dans un ciel dégagé. Nous clignons des yeux ou sommes obligés de les protéger par des lunettes. Lorsque l'oeil est resté exposé à la lumière vive du soleil, la sensibilité visuelle est considérablement réduite, et cette perte de sensibilité peut durer jusqu'à 48 heures. Les animaux qui vivent en rase campagne ne connaissent pas cet inconvénient.

Le seul avantage prouvé de la lumière solaire est la synthèse de la vitamine D, encore que la quantité d'ultraviolets nécessaires soit assez faible et puisse être facilement produite par la lumière en forêt. Les primates vivant en forêt ne montrent aucune déficience en vitamine D.

L'hypothèse selon laquelle, étant donné son héritage évolutionniste, l'homme doit être exposé à la lumière solaire pour être en bonne santé, n'est pas solidement fondée. Seule la lumière traversant la voûte forestière tend à prouver que l'évolution demande une lumière particulière. Il semble ironique que les tubes fluorescent "blancs froids" qui ont un spectre tout à fait semblable à celui de la lumière en forêt soient souvent critiqués pour leur "manque de naturel" (figure 2).

Il existe une autre difficulté, ignorée en général par ceux qui voudraient vous faire utiliser une lumière particulière. En général, on ne tient pas compte du fait que la tentative de créer un environnement de spectre donné est constamment contrariée car la distribution spectrale de puissance de l'espace illuminé dépend en fait du spectre de réflexion des surfaces colorées entourant cet espace. Ces surfaces créent une "distorsion" du spectre de l'illuminant. C'est précisément cette "distorsion" qui donne à chaque surface sa couleur. C'est la lumière réfléchie par les murs, tapis, et meubles qui détermine en grande partie la composition spectrale de la lumière qui atteint les yeux et agit sur la

peau. La seule manière de recevoir le spectre non modifié de l'illuminant serait dans un environment sans couleur, dans lequel les murs, tapis, plafonds et meubles, ainsi que les vêtements des personnes qui s'y trouvent seraient tous blancs ou grisâtres.

Mais il s'agit en fait d'un faux problème. Il n'existe pas de mécanisme photochimique ou visuel requérant des compositions spectrales uniques, puisque "l'information" en longueurs d'ondes est perdue dès les premières étapes de tout processus photochimique. Par exemple, lorsque la lumière est absorbée par les molécules pigmentées de la rétine, ces molécules acquièrent un état photochimique excité. La probabilité pour qu'un photon d'une longueur d'onde particulière soit absorbé dépend de la longueur d'onde. La sensibilité spectrale illustre cette probabilité, qui indique qu'une large bande de longueurs d'ondes est perdue par le pigment. Il est intéressant de noter que l'état excité est le même quelle que soit la longueur d'onde de la lumière qui en est la cause. Rien dans le système visuel ne permet de distinguer par exemple une lumière "jaune" de 580 nanomètres d'une lumière semblable composée d'une lumière "rouge" de 610 nanomètres combinée à une lumière "verte" de 540 nanomètres. Les informations neuronales résultant de ces deux lumières "jaunes" ne diffèrent absolument pas. De même, il n'existe aucune différence entre le stimuli neuronal créé par un illuminant dont le spectre est le même que celui de la lumière solaire et le stimuli créé par une lumière de spectre radicalement différent mais de même aspect que la lumière solaire. Ceci est dû à l'aspect neurophysiologique du métamérisme. Ainsi, si la lumière a des effets physiologiques, n'importe quelle distribution spectrale peut convenir, non pas seulement celle de la lumière "naturelle".

Si l'on ne fait pas intervenir la longueur d'onde, comment peut-on expliquer que certains rapports de recherche arrivent à la conclusion opposée? Selon certains de ces rapports, la composition spectrale des illuminants ont des effets considérables sur la physiologie et la croissance des animaux. Ces données ont fait l'objet de controverses car des techniques expérimentales douteuses ont été utilisées. Il est important de remarquer que seuls les animaux nocturnes ont été utilisés dans ces expériences. Ces animaux ont développé des mécanismes biologiques en l'absence de lumière solaire. Ils ne sont pas physiologiquement adaptés à cette lumière et sont souvent aveuglés lorsqu'on les soumet à l'éclairage intense du laboratoire de biologie.

Pour ces créatures, la lumière du soleil est une lumière très peu naturelle. Pourtant, nous avons dû extrapoler les réactions biologiques de ces créatures nocturnes aussi bien que celles de l'homme et d'en déduire que les lumière différentes de la lumière solaire sont nuisibles à l'homo sapiens!, animal diurne. Ce qui semble particulièrement étrange puisque les expériences partaient initialement de l'importance des pressions évolutionnistes sur l'adaptation physiologique. Comment évalue-t-on l'importance de la lumière solaire sur l'évolution d'une créature que s'est développée en l'absence de cette lumière?

Par exemple, nous avons découvert lors d'une expérience sur un animal nocturne que les glandes surrénales étaient plus lourdes sous une distribution spectrale simulant la lumière solaire. On en a déduit que l'illuminant était meilleur pour la santé que l'illuminant testé. Dans une deuxième expérience testant l'illuminant simulant la lumière solaire par rapport à une lampe différente, on a trouvé, au contraire, que les surrénales étaient plus légères sous la lampe simulant la lumière solaire. Ici encore on a conclu que la lampe simulant la lumière solaire était meilleure pour la santé. Il n'est pas précisé pour quelles raisons les surrénales plus lourdes ou plus légères étaient estimées meilleures pour la santé. Ce qui est plus troublant, les deux expériences ont été réalisées par le même chercheur, qui n'a pas cru bon d'attirer l'attention du lecteur sur cette contradiction.

La difficulté réside dans le fait que les différences observées sont assez petites et qu'elles doivent être extraites des données au moyen de techniques statistiques. Dans ces expériences, les résultats ne sont jamais clairs; ils nécessitent toujours des techniques statistiques. En général on examine de nombreux facteurs, dont l'un montre une signification statistique. Si l'on examine vingt facteurs, on peut s'attendre à ce qu'un de ces facteurs montre une signification statistique au niveau de confiance 5%, même si le résultat ne présente aucune signification. Je n'ai entendu parler d'aucun article publié parlant d'une étude où la reproductivilité des données a été testée. J'ai toutefois entendu parler d'une étude où la reproductivilité n'a pu être démontrée. Il est difficile d'éliminer rigoureusement tous les facteurs étrangers dans ce type d'expérience.

L'erreur la plus courante consiste cependant à utiliser des facteurs erronés de sensibilité spectrale pour l'animal nocturne. Les yeux des animaux nocturnes ont une sensibilité spectrale différente de celle des humains. Ce qui signifie qu'un luxmètre photopique ne permet pas d'équilibrer les luminosités pour un rat en laboratoire. Les luminosités seront rendues équilibrées pour l'expérimentateur, non pas pour l'animal. Les animaux nocturnes réagissent avec des niveaux différents de tension nerveuse selon les luminosités auxquelles ils sont soumis. Par exemple, on doit éliminer toute différence de luminosité dans une expérience qui cherche à déterminer l'effet de la composition spectrale. Ceci n'a en général pas été fait et toutes les expériences sont donc entachées d'un facteur étranger, lié aux variations de luminosité. Quels que soient les résultats, la composition spectrale ne peut intervenir sans ambiguïté puisqu'il existe des variations de luminosité, qui constituent un contaminant expérimental important.

Je n'ai pu présenter qu'une petite partie du sujet. J'espère toutefois que le document vous permettra de ne pas vous sentir limité dans le choix des sources de lumière en raison de risques injustifiés attribués à certains illuminants.

Pour résumer:

1. L'affirmation selon laquelle la distribution spectrale de la source lumineuse a un effet sur la santé, n'a pas été prouvée. Les expériences réalisées sur des animaux nocturnes sont rares, contradictoires et imparfaites, surtout parce que les luminosités des sources étaient mal contrôlées.

2. L'hypothèse est en contradiction avec nos connaissances actuelles des mécanismes de la photochimie et de la vision. Il n'existe pas de mécanisme connu par lequel le "signal" en longueur d'onde peut survivre dans le trajet neuronal partant de l'oeil, ni survivre à l'excitation de toute molécule photoactive. Le métamérisme sert la fonction biologique comme la fonction visuelle, et toute source lumineuse ayant un effet visuel aura par conséquent un effet biologique.

3. L'hypothèse primordiale selon laquelle la lumière solaire est un illuminant "naturel" ne semble pas fondée. Les hommes et leurs ancêtres primates ont évolué dans la lumière de la forêt. Cette lumière est fortement différente de celle du soleil dans un ciel dégagé.

4. Finalement, je voudrais ajouter qu'il n'existe pas de données cliniques fiables indiquant que la distribution spectrale des illuminants utilisés pour l'éclairage intérieur présente un risque pour la santé. Le fait que de tels effets existent est purement conjectural est fondé sur une proposition qui ne semble pas solidement fondée.

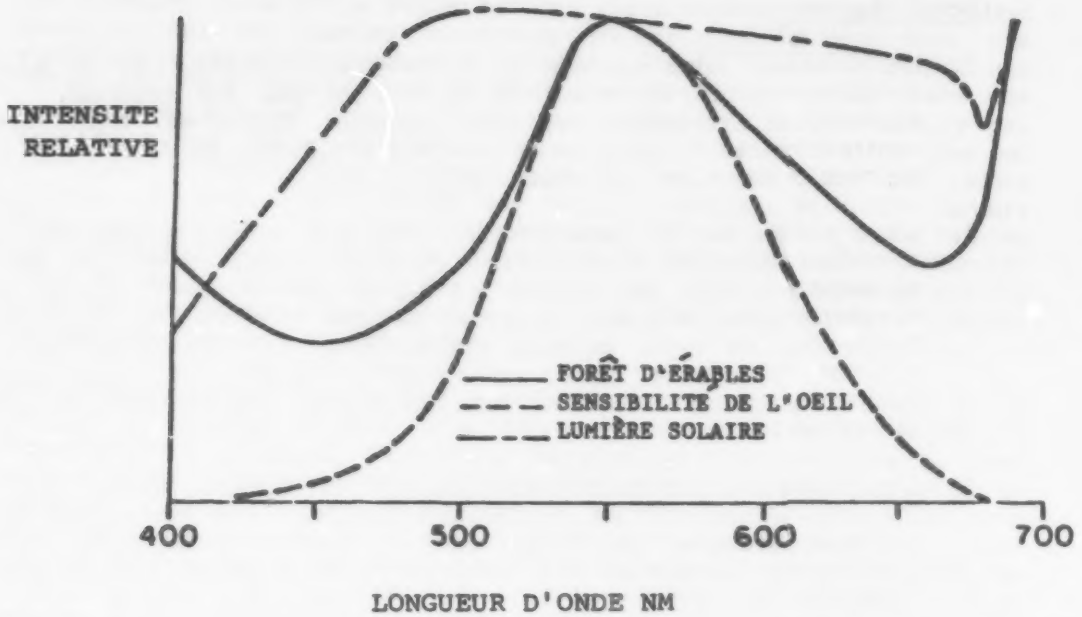



Figure 1 Comparaison de la sensibilité spectrale de l'homme avec le spectre de la lumière en forêt et le spectre solaire.

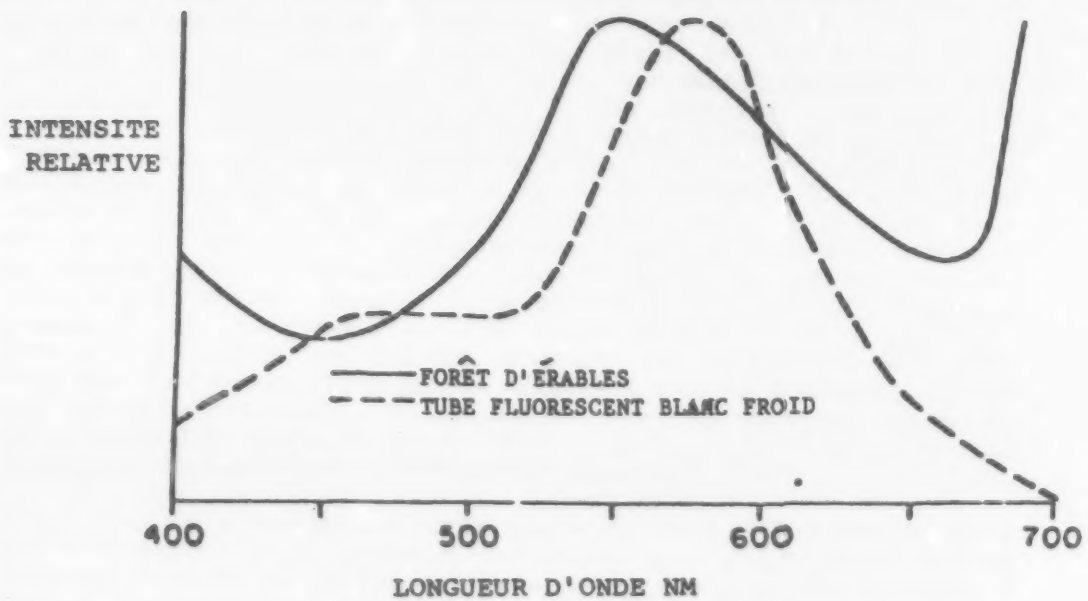



Figure 2 Spectre de la lumière dans une forêt d'érables et spectre d'une lampe fluorescente blanc froid.

## Bibliographie abrégée


1. Lumière naturelle

"What is natural light"; Corth, R., Lighting Design & Application, avril 1983, p. 34

"The origin of man"; Lovejoy, C.O., Science 211, 341 (1981)

"Hominoid habitat shifts in the Miocene"; Kennedy, G.E., Nature, 271, 11 (1978)

2. L'oeil et l'évolution

The Ecology of Vision; Lythgoe, J.N., Clarendon Press, Oxford, 1979

"The topography of vision in mammals of contrasting life style: Comparative optics and retinal organization."; dans Handbook of Sensory Physiology, vol. VII/5, Crescitelli, F., éditeur, Springer-Verlag, Berlin 1977, p. 613.

3. Agressivité de la lumière solaire

UV-A; Parrish, J.A., Anderson, R.R., Urbach,F. & Pitts, D., Plenum Press, New York, 1978, Chap. 7-9

"The nature of retinal damage: dependence on wavelength, power level and exposure time."; Ham Jr, W.T., Ruffolo, J.J., Mueller, H.A., & DuPont Guerry III, Vision Res., 20, 1105 (1980)

4. Critique des expériences animales

"Biological implications of artificial illumination"; Corth, R., SPIE, 228, 7 (1980)

"Does artificial light affect man's health? Probably not."; Corth, R., & Hoffman, R.A., Lighting Design & Appl., 3, N° 11, 39 (1973)

"Some observations on the biological effects of light"; Guth, S.K., Lighting Design and Appl., 3, N° 11, 24 (1973)

Comment on the paper 'Spectral power distribution of light sources affects growth and development of rats"; Corth, R., Photochem. and Photobiol., 30, 529 (1979)

# MOYENS ET SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE

**M. Timmings, Spécialiste,**
**Mise en marché technique,**
**Compagnie générale électrique du Canada**

## Introduction

Afin de réduire la consommation d'énergie des systèmes d'éclairage à lampes fluorescentes, de faire des économies et d'améliorer le fonctionnement de ces systèmes, les fabricants de matériel d'éclairage ont lancé toute une gamme de nouveaux produits. Certains sont repris de produits standard, mais consomment moins d'énergie et produisent une lumière moins vive; d'autres sont issus de nouvelles techniques visant à améliorer la performance des systèmes d'éclairage.

On estime à 100 millions le nombre d'éléments fluorescents utilisés au Canada et toute réduction importante à court terme de la consommation d'énergie pour l'éclairage dépend des modifications qui peuvent être faites aux systèmes existants sans réadaptation majeure ni coûts de conversion importants. En réponse à cette exigence ont été mises au point les lampes fluorescentes au krypton à faible wattage; mais les régulateurs de puissance ayant tendance à fonctionner à courant constant, les possibilités pour le fabricant de réduire la puissance de la lampe sans compromettre la fiabilité du système s'en trouvent limitées. En pratique, les réductions de lumière et de puissance ont atteint 18-20% pour les circuits à allumage instantané, mais seulement 10-14% pour les circuits à allumage rapide qui représentent malheureusement presque les 3/4 des douilles installées.

L'étape suivante la plus logique fut donc de faire intervenir le régulateur de puissance pour réduire la consommation d'énergie afin de tirer meilleur parti de l'ensemble du système, sachant que si les usagers acceptent volontiers de réduire les niveaux d'éclairage dans les couloirs et autres endroits qui ne sont pas des zones de travail, ils acceptent beaucoup plus difficilement les fortes réductions là où s'accomplissent des tâches visuelles et où la nature même du travail demande un bon éclairage.

## Régulateur de puissance à faible perte

La première méthode utilisée pour améliorer la conception du régulateur de puissance consista à employer des matériaux différents de ceux du régulateur existant. Aucune modification électrique majeure ne fut apportée aux signaux de tension en circuit ouvert ou de courant de fonctionnement. Parmi les changements de matériaux citons un nouveau processus de bobinage du transformateur, utilisant du fil de cuivre "plat" et l'utilisation pour le noyau d'acier de haute qualité qui permet

d'améliorer les propriétés magnétiques et de réduire les pertes dans le transformateur. Ces seuls changements ont permis de diminuer considérablement les pertes du régulateur de puissance, d'environ 50%, puisqu'elles sont passées de 16 à 8 watts sur un système à 2 lampes F40 à allumage rapide, tout en permettant d'obtenir un flux lumineux intégral avec les systèmes à lampes F40 standard. La réduction des pertes du régulateur de puissance correspond en outre à une diminution de la température du boîtier du régulateur, ce qui prolonge sa durée de vie (qui devient 2 à 3 fois plus longue - 25 à 30 ans).

Bien que les régulateurs de puissance à faible perte soient compatibles avec les lampes à faible wattage, la performance du système va varier.

Régulateur de puissance à haute performance

La deuxième méthode utilisée pour améliorer la conception du régulateur de puissance fut de mettre au point un régulateur à faible perte et haute performance spécialement conçu pour les lampes existantes à faible wattage, afin d'améliorer l'efficacité globale du système.

La plupart des fabricants définissent le flux lumineux produit par une lampe fluorescente comme une grandeur dérivée des mesures photométriques lorsque la lampe fonctionne sur un régulateur de "référence" (figure 1). Ce régulateur de "référence" est un appareil de laboratoire qui répond à certaines spécifications de l'ANSI et qui constitue pour l'industrie un moyen uniforme de mesure.

Le régulateur type du commerce ne permet toutefois pas d'obtenir un flux lumineux intégral dans les installations réelles et cette différence de performance s'exprime dans certaines grandeurs, comme par exemple le facteur de régulateur (FR).

$$FR = \frac{\text{flux lumineux en lumens de la lampe sur régulateur commercial}}{\text{flux lumineux en lumens de la lampe sur régulateur de référence}}$$

Pour les lampes F40 standard sur régulateur certifié CBM le facteur de régulateur vaut 0,95 tandis qu'il vaut 0,89 pour les lampes à faible wattage sur le même régulateur commercial, ceci à cause des caractéristiques électriques différentes de ces lampes.

Cette dérive du facteur de régulateur pour les lampes à faible wattage a conduit à la mise au point d'un régulateur à faible perte et à signal modifié, conçu pour optimiser la performance des lampes à haute performance utilise un enroulement de fil plat et un noyau en acier de haute qualité avec en plus un circuit à signal modifié et un condensateur de capacité plus élevé, tout ceci pour améliorer la performance de la lampe à faible wattage.

La figure 2 permet de comparer les performances des lampes.

Le facteur de régulateur amélioré (0,97) pour une lampe standard utilisée sur un régulateur à faible perte et à signal modifié a rapidement permis la mise au point d'une lampe blanc clair de 40 watts à flux lumineux élevé, qui, avec la haute performance du régulateur donne une amélioration de performance lumineuse (lumens) de 27% par rapport au système utilisant la F40 standard.

Système optimisé hybride

La troisième méthode utilisée a constitué à mettre au point un régulateur électromagnétique hybride à faible perte comprenant un commutateur à semi-conducteurs "Sidac" sensible à la tension, qui contrôle le transformateur du filament. Une lampe de 28 watts de conception récente avec une structure cathodique spéciale permet un fonctionnement correct de la lampe sans chauffage de la cathode. Lorsque le système est excité, une tension est appliquée aux bornes de l'interrupteur à semi-conducteurs, ce qui provoque l'échauffement normal de la cathode. Lorsque la lampe s'est allumée, le commutateur arrête le transformateur à cause de la chute de tension qui en résulte, ce qui a pour effet de réduire les pertes dans la lampe et le régulateur.

En général, le système hybride permet d'obtenir une réduction de wattage de 40% par rapport au système standard, avec une réduction minimale de 9% du flux lumineux du système.

Les figures 4 et 5 illustrent la comparaison du flux lumineux et du wattage d'un système typique pour un éclairement maintenu constant ou pour un nombre constant de luminaires.

Considérations portant sur les systèmes fluorescents

Le développement du concept global exige des spécialistes de l'éclairage qu'ils tiennent compte davantage des facteurs de perte de flux lumineux qui privent le système d'une certaine quantité de lumens. Nous avons déjà parlé du facteur RF; il en existe un autre, le facteur de température, FT.

La lampe fluorescente est la seule source lumineuse sensible à la température ambiante. Si l'on diminue le wattage du luminaire en utilisant des lampes à faible wattage ou des régulateurs à faible perte, la chaleur engendrée sera moindre et la température de fonctionnement de la lampe se trouvera modifiée.

La relation générale entre la performance d'une lampe fluorescente et la température est représentée à la figure 6. La zone critique de la lampe fluorescente est la zone la plus froide à la surface de l'ampoule. Cette zone contrôle la pression de vapeur de mercure à l'intérieur de la lampe, en augmentant ou en diminuant la quantité d'énergie ultraviolette qui sert à activer le phosphore. Pour la plupart des lampes

le pic de flux lumineux est situé près de la température de zone froide correspondant à 100° F. Au-dessus de cette valeur, l'ampoule contient trop de vapeur de mercure et l'énergie ultraviolette est absorbée, ce qui réduit le flux lumineux et le wattage obtenus. De nombreuses installations fonctionnent de cette manière, et en particulier les luminaires à lampes multiples fixés sur des plafonds de faible densité. Il n'est pas rare de trouver ainsi des lampes qui fonctionnent à 10 ou 25% en dessous de leur valeur nominale. Les indications de température ne figurent normalement pas sur la feuille de spécifications du fabricant puisqu'elles sont automatiquement incluses dans le coefficient d'utilisation (CU) déduit du test photométrique du luminaire. On peut s'en apercevoir en examinant les tableaux de valeurs du CU qui indiquent fréquemment que le CU des systèmes à quatre lampes est inférieur à celui des systèmes analogues à 2 lampes. La différence est en grande partie du à la température plus élevée des lampes dans les systèmes à quatre lampes.

Lorsque la température de la lampe descend en dessous de la valeur optimale, le mercure se condense au point froid et le flux lumineux diminue considérablement car l'arc électrique manque de vapeur de mercure. Le wattage de la lampe reste relativement élevé, la puissance servant à chauffer la lampe, et l'on observe une diminution considérable du rendement de la lampe (lumens par watt) sur la partie froide de la courbe. Les résultats deviennent très nets lorsque les températures tombent à 40 ou 60 degrés en dessous de la valeur optimale. De plus, la lampe à faible wattage peut également montrer des signes d'instabilité - scintillements, éclairs ou "rayures" (phénomènes faisant apparaître des bandes concentriques sombres allant et venant sur toute la longueur de la lampe) à des températures ambiantes inférieures à 60° F.

Bien que le fonctionnement à faible température ne soit pas particulièrement courant dans les systèmes d'éclairage intérieur, il se peut qu'ils deviennent plus fréquents à partir de maintenant, pour les raisons suivantes:

1. En hiver, les chutes de température dans les immeubles pendant les nuits et fins de semaine font que la température ambiante est plus basse lorsqu'on allume les lampes.

2. Le wattage du système d'éclairage étant réduit de différentes façons, la chaleur disponible pour chauffer la lampe est moindre.

Même pendant l'été, les lampes peuvent fonctionner sur la partie froide de la courbe. C'est ce qui se produit souvent lorsque des lampes nues se trouvent sur le trajet du courant d'air froid d'un système de ventilation.

En général, sur les luminaires où un système évacue l'air ambiant dans un conduit ou une chambre de distribution de chaleur en faisant passer l'air sur la surface de la lampe, celle-ci fonctionne près de son point de température optimale. Ce mode de fonctionnement présente en plus

l'avantage de garder les installations propres grâce à la circulation accrue de l'air et de prolonger la durée de vie du régulateur de puissance en diminuant la température du régulateur. Le fonctionnement d'une lampe fluorescente en dessous ou au-dessus de la température optimale dans la plage indiquée à la figure 6 peut affecter le flux lumineux et le rendement, mais il a cependant peu d'effet sur la durée de vie de la lampe. Le point important est le suivant: puisque le flux lumineux et la puissance d'entrée du régulateur sont tous deux affectés par le point thermique de fonctionnement des lampes, un système d'éclairage donné peut avoir avec diverses combinaisons lampe-régulateur une performance très différente de sa performance publiée, qui est normalement fondée sur des données de référence.

Pour se faire une idée de cette variabilité, on a fait des tests thermiques, électriques et photométriques sur différents types de luminaires équipés de lampes de 40 watts (nominal) et de deux régulateurs. Les figures 7 et 8 donnent les résultats graphiques pour 5 combinaisons différentes lampe-régulateur.

Les courbes obtenues confirment que les effets thermiques peuvent être considérables. Pour un régulateur et une lampe donnés, le wattage du système peut être en fait de plus de 15% inférieur au wattage nominal et le flux lumineux obtenu peut être de 25% inférieur aux valeurs publiées par le fabricant.

L'examen des courbes peut nous donner une première idée de ce que peut être la "meilleure" combinaison lampe/régulateur. Les figures 4 et 5 résument les diverses données pour un système type de chemin lumineux encastré à 4 lampes. Par exemple si l'on envisage une nouvelle installation, on obtiendra le plus grand flux lumineux par luminaire pour un niveau d'éclairage donné (et le plus petit nombre de luminaires) en utilisant les lampes de 40 watts à flux lumineux élevé avec un régulateur à faible perte et haute performance. Pour un système où l'espace entre luminaires est fixé, on peut envisager soit le système à flux élevé à 3 lampes, soit le système hybride à 4 lampes pour obtenir le wattage le plus faible par pied carré.

## Considérations économiques

Le tableau 1 donne une analyse économique détaillée des différents systèmes envisagés. Les prix indiqués pour les luminaires et les lampes correspondent aux tarifs nets en gros. Une attention particulière a été accordée aux valeurs du wattage par luminaire, du facteur de régulateur, et du coefficient d'utilisation (lignes 5, 6, 7). Les valeurs figurant dans cette analyse ont été déterminées expérimentalement et inscrites comme des éléments séparés en supposant constants le rendement optique et donc le coefficient d'utilisation des luminaires pour chaque type d'installation, ceci pour toutes les combinaisons de lampes et de régulateurs. Cette hypothèse est correcte puisque le rendement optique ne varie pas à moins que l'on ne modifie le diamètre et la longeur de la lampe.

Dans les tableaux d'analyse des coûts, les effets de température interviennent par l'intermédiaire du facteur de régulateur, bien qu'il vaudrait mieux les faires intervenir séparément sous forme d'un "facteur de température" de sorte que le flux lumineux obtenu au luminaire s'écrirait:

$$L_{LUM} = L_{LMP} \times FT \times FR \times RO$$

où $L_{LMP}$ = Flux lumineux nominal de la lampe, en lumens

FT = Facteur de température

FR = Facteur de régulateur

RO = Rendement optique du luminaire

sachant que pour une géométrie et une répartition données des surfaces réfléchissantes dans la pièce, RO est directement proportionnel au coefficient d'utilisation.

Il faut également noter que pour les luminaires de type fermé, sur lesquels les lampes fonctionnent en général à des températures plus élevées (chemin lumineux encastré à 4 lampes) on peut obtenir une augmentation nette du flux lumineux en remplaçcant les lampes standard par des lampes à faible wattage et à haut rendement, bien que le flux nominal de ces lampes soit inférieur à celui des lampes standard.

## Résumé

L'apparition de nouvelles lampes et de nouveaux régulateurs pour les systèmes d'éclairage fluorescent permet à l'usager et aux spécialistes de l'éclairage d'avoir un choix plus vaste. Certaines économies peuvent être réalisées en remplaçant simplement les lampes ou régulateurs des systèmes existants, avec une réduction faible ou nulle de flux lumineux obtenu. Si l'on arrive à combiner les meilleures caractéristiques des lampes à faible wattage et haut rendement ou des lampes standard à flux lumineux élevé, avec celles des régulateurs à faible perte et haute performance, on arrive à optimiser les économies potentielles d'un système et à créer de nouveaux systèmes d'éclairage utilisant moins d'installations, sans réduction, et peut-être même avec une augmentation de l'éclairement moyen pour certains types de luminaires.

Une analyse prudente est nécessaire lorsqu'on évalue ces nouvelles combinaisons de lampes, régulateurs et luminaires.

**LIGHTING COST WORK SHEET**

DATE :
CUSTOMER :
INSTALLATION:

Fluorescent Systems
4 - Lamp Recessed Troffer

| | | LIGHTING SYSTEM DESCRIPTION | STANDARD LAMPS STANDARD BALLAST | HIGH EFF. REDUCED WATTAGE LAMP STANDARD BALLAST | HIGH EFF. REDUCED WATTAGE LAMP LOW LOSS BALLAST | HIGH EFF. LAMP HIGH EFF. BALLAST | 25 WATT HY-BRID SYSTEM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | BASE | II | III | IV | V |
| BASIC DATA | 1. Rated initial lamp lumens per luminaire | | 12600 | 11700 | 11700 | 13800 | 10200 |
| | 2. Rated lamp life (Hours) at 3 hours per start | | 20000 | 20000 | 20000 | 15000 | 15000 |
| | 3. Group replacement interval (Hours) | | SPOT | SPOT | SPOT | SPOT | SPOT |
| | 4. Average watts per lamp (nominal) | | 40 | 34 | 34 | 40 | 28 |
| | 5. Input watts per luminaire (including ballast losses) | | 176 | 156 | 137 | 169 | 116 |
| | 6. Coefficient of utilization | | .75 | .75 | .75 | .75 | .75 |
| | 7. Ballast factor (Fluorescent) - Thermal Factor | | .95 | .96 | .94 | 1.00 | 1.07 |
| | 8. Lamp depreciation factor - LLD | | .876 | .876 | .876 | .91 | .895 |
| | 9. Dirt depreciation factor - LDD | | .747 | .747 | .747 | .781 | .781 |
| | 10. Effective maintained lumens per luminaire (1 x 6 x 7 x 8 x 9) | | 5874 | 5512 | 5397 | 7355 | 5721 |
| | 10.A. Average footcandles on work surface (10 ÷ sq. ft. /luminaire) 80 sq. ft. | | 73.4 | 68.9 | 67.4 | 91.9 | 71.5 |
| | 11. Relative number of luminaires needed for equal maintained footcandles (10 of base system ÷ 10 of system compared) | | 1.000 | 1.066 | 1.088 | .799 | 1.027 |
| INITIAL COST | 12. Net cost of one luminaire | | 45.00 | 45.00 | 59.00 | 62.00 | 70.00 |
| | 13. Wiring and distribution system cost per luminaire | | 35.00 | 31.00 | 27.00 | 34.00 | 23.00 |
| | 14. Installation labor cost per luminaire | | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 45.00 |
| | 15. Net initial lamp cost per luminaire | | 4.80 | 7.90 | 7.90 | 12.30 | 15.00 |
| | 16. Total initial cost per luminaire (12 + 13 + 14 + 15) | | 129.80 | 128.90 | 138.90 | 153.30 | 153.00 |
| | 17. Annual owning cost per luminaire ( % of 12 + 13 + 14) | | 18.75 | 18.15 | 19.65 | 21.15 | 20.70 |
| | 18. Relative initial cost for equal maintained footcandles (16 x 11 of system compared ÷ 16 of base system) | | 1.00 | 1.058 | 1.164 | .943 | 1.21 |
| OPERATING COST | 19. Burning hours per year | | 3500 | 3500 | 3500 | 3500 | 3500 |
| | 20. Number of lamps group replaced per year (19 x lamps/unit ÷ 3) | | - | - | - | - | - |
| | 21. Number of interim spot replacements (20 x Burn outs in GR interval) | | - | - | - | - | - |
| | 21.A. Number of lamps spot replaced per year - No group relamping (19 x lamps/unit ÷ 2) | | .6 | .6 | .6 | .8 | .8 |
| | 22. Replacement lamp cost per year (20 or 21A x net lamp cost) | | .72 | 1.18 | 1.18 | 2.46 | 3.00 |
| | 23. Labor cost for group replacements (20 x Group labor rate/lamp) at $_____/lamp | | - | - | - | - | - |
| | 24. Labor cost for spot replacements (21 x Spot labor rate lamp at $ 5.00 /lamp | | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 4.00 | 4.00 |
| | 25. Cost of cleaning per luminaire per year | | - | - | - | - | - |
| | 26. Annual energy cost per year (5 x 19 x ¢ KWH ÷ 100,000) at .06 ¢ KWH | | 36.96 | 32.76 | 28.77 | 35.49 | 24.36 |
| | 27. Total annual operating cost per luminaire (22 + 23 + 24 + 25 + 26) | | 40.68 | 36.94 | 32.96 | 41.95 | 31.36 |
| | 28. Relative annual operating cost for equal maintained footcandles (27 x 11 of system compared ÷ 27 of base system) | | 1.00 | .96 | .88 | .82 | .79 |
| TOTAL | 29. Total annual cost - owning and operating - per luminaire (17 + 27) | | 59.43 | 55.09 | 52.61 | 63.10 | 52.06 |
| | 30. Relative total annual cost for equal maintained footcandles (29 x 11 of system compared ÷ 29 of base system) | | 1.00 | .988 | .963 | .848 | .899 |
| | Number of Luminaires required for [illegible] | | 119 | 126 | 129 | 95 | 122 |

CANADIAN GENERAL ELECTRIC COMPANY LIMITED - LAMP DEPARTMENT

LP - 300 (4-79)

Table 1.

# LAMPE FLUORESCENTE 'F40' FLUX LUMINEUX NOMINAL

| LAMPE | LUMENS |
|---|---|
| F40CW | 3150 |
| F40CW/WM | 2750 |
| F40LW/WM | 2925 |

Fig. 1

# LAMPE FLUORESCENTE 'F40' — Facteurs de régulateur

| Lampe | Lumens | Régulateur standard | Régulateur Watt-Miser | Régulateur Maxi-Miser II |
|---|---|---|---|---|
| F40CW | 3150 | 0,95 | 0,935 | 0,97 |
| F40CW/WM | 2750 | 0,895 | 0,875 | 0,95 |
| F40LW/WMII | 2925 | 0,895 | 0,875 | 0,95 |
| F40LW/MMII | 3450 | 0,95 | 0,935 | 0,97 |

Fig. 2

**Performance des systèmes fluorescents pour un éclairement maintenu constant**

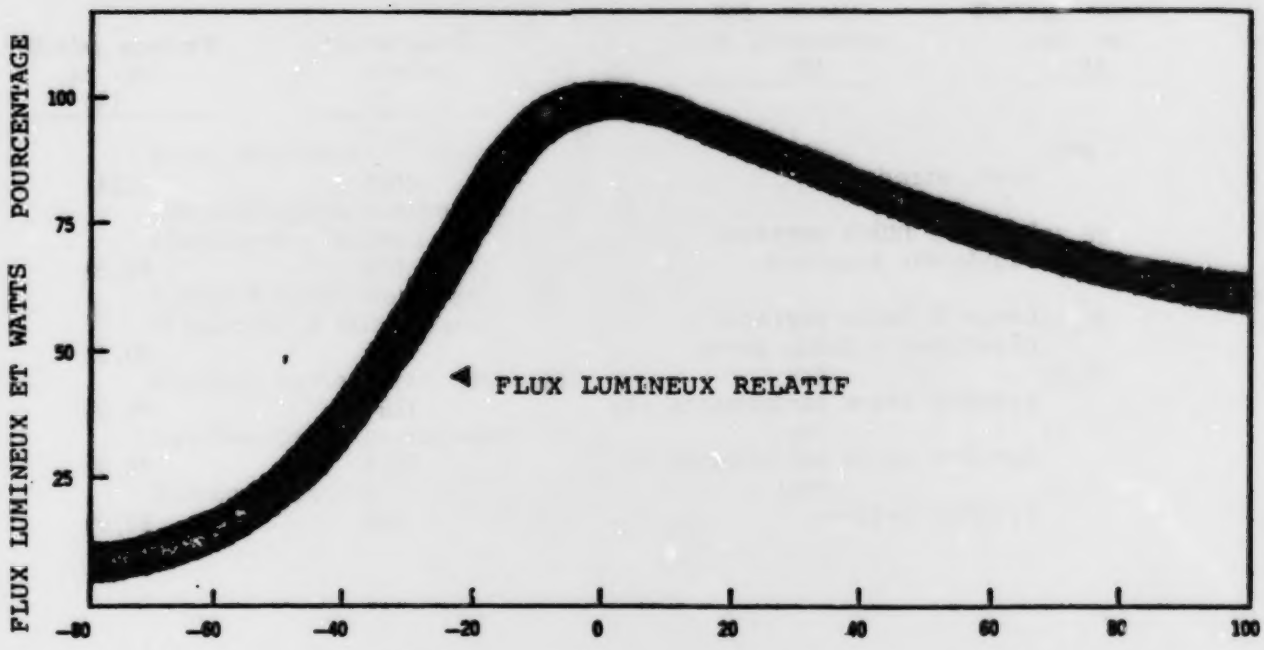
| | Nb. relatif de luminaires (%) | Wattage relatif /pi. ca. (%) |
|---|---|---|
| Syst. standard | 100% | 100% |
| Lampe à faible wattage/ régulateur standard | 110% | 97,5% |
| Lampe à faible wattage/ régulateur à faible perte | 112% | 89,1% |
| Système haute performance (4) | 80% | 76,8% |
| Système haute performance (5) | 99% | 69,0% |
| Système hybride | 102% | 67,2% |

Figure 4 - Lampe fluorescente "F40" - Facteur de régulateur

**Performance des systèmes fluorescents pour un nombre constant de luminaires**

| | Éclairement relatif (%) | Wattage relatif /pi. ca. (%) |
|---|---|---|
| Syst. standard | 100% | 100% |
| Lampe à faible wattage/ régulateur standard | 91% | 88,6% |
| Lampe à faible wattage/ régulateur à faible perte | 89% | 79,5% |
| Système haute performance (4) | 126% | 96,0% |
| Système haute performance (5) | 101% | 70,0% |
| Système hybride | 98% | 65,9% |

Figure 5 Température de l'ampoule au-dessus et en dessous de la valeur optimale




TEMPERATURE DE L'AMPOULE AU-DESSUS ET EN DESSOUS DE LA VALEUR OPTIMALE

Le flux lumineux et le wattage des lampes fluorescentes varient lorsque la temperature de l'ampoule varie à partir de la valeur optimale de 100

Fig. 6

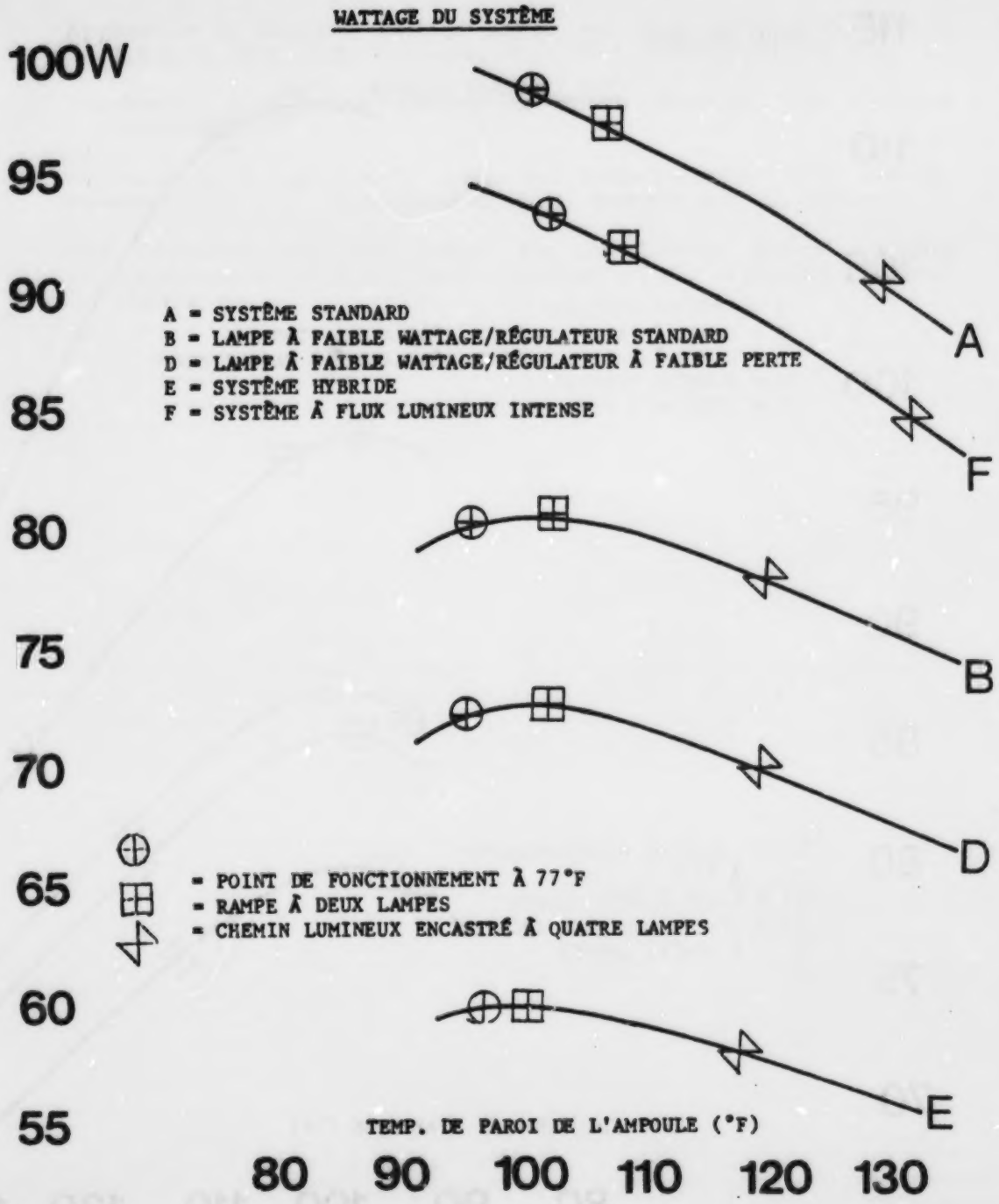

WATTAGE DU SYSTÈME
100W
95
90
85
80
75
70
65
60
55
A = SYSTÈME STANDARD
B = LAMPE À FAIBLE WATTAGE/RÉGULATEUR STANDARD
D = LAMPE À FAIBLE WATTAGE/RÉGULATEUR À FAIBLE PERTE
E = SYSTÈME HYBRIDE
F = SYSTÈME À FLUX LUMINEUX INTENSE
A
F
B
D
E
= POINT DE FONCTIONNEMENT À 77°F
= RAMPE À DEUX LAMPES
= CHEMIN LUMINEUX ENCASTRÉ À QUATRE LAMPES
TEMP. DE PAROI DE L'AMPOULE (°F)
80 90 100 110 120 130

Fig. 7

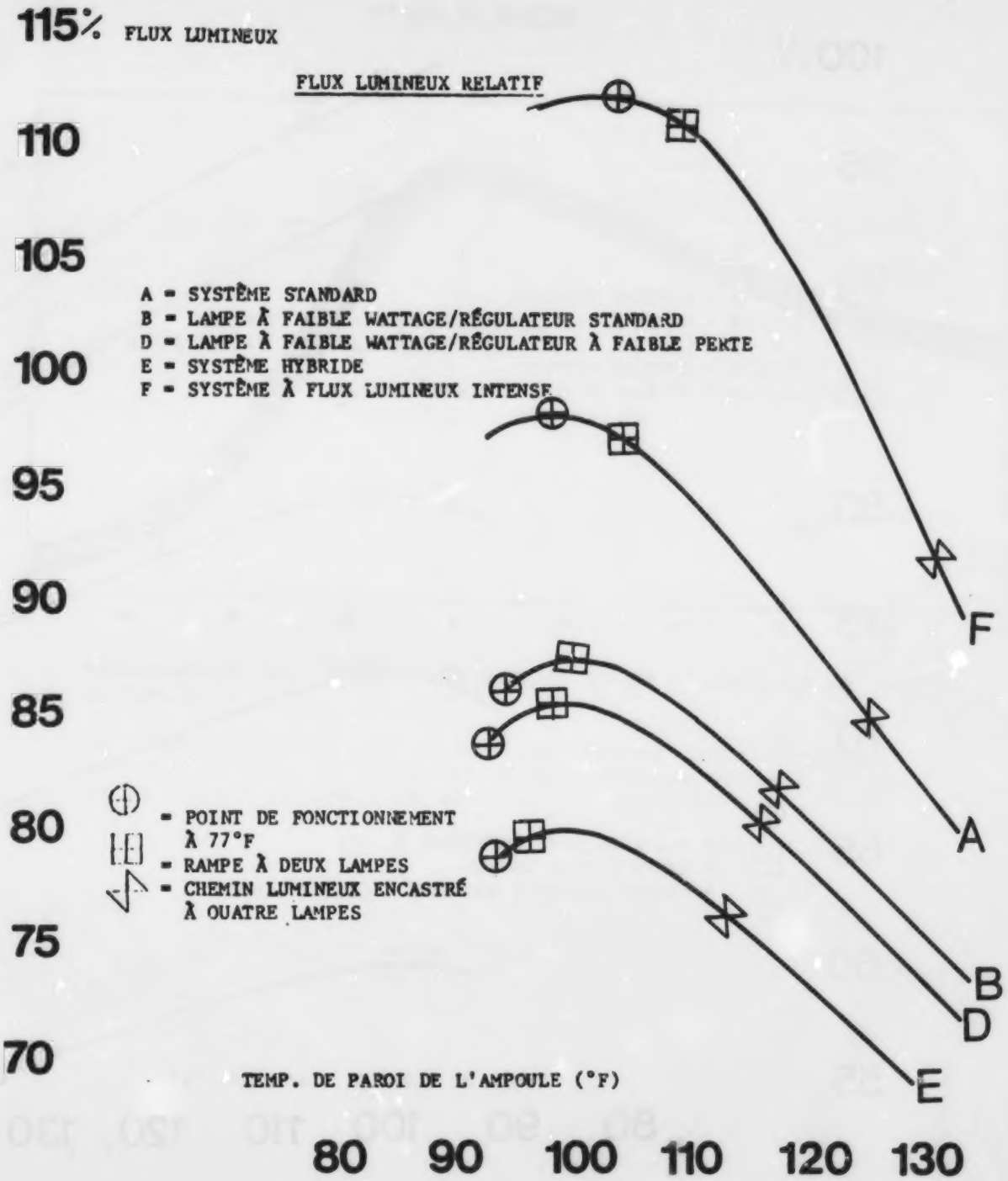



Figure 8 Flux lumineux relatif du luminaire en fonction de la température

## Références bibliographiques


Application of Reduced Wattage Lamps and High Efficiency Ballasts, I.E.E.E. 1979 T.K. McGowan, A.L. Hart, General Electric Co.

Illuminating Engineering Society of North America, IES Lighting Handbook 1981

Improved 35 W Low Energy Lamp and Ballast System IES Journal, September 1979 E.E. Hammer, D.H. Riesland et Q.D. Dobras

New Optimised Lamp and Ballast for Low Energy General Lighting Applications I.E.E.E., E.E. Hammer, T.K. McGowan, General Electric Co.

# LA CLARTÉ DU JOUR

**E. Wotton, Ing.P.,**
**Concepteur et expert-conseil en éclairage,**
**Toronto**

La fonction des fenêtres des chambres des malades ou des salles d'hôpital est très complexe; elle met en jeu des considérations d'éclairage, de chauffage, de climatisation et d'acoustique. Cependant, elle implique surtout le bien-être du patient.

Cette brève liste des fonctions montre que les fenêtres et leur conception ont deux aspects, l'un qualitatif et l'autre quantitatif.

La conception quantitative, qui fait que les fenêtres donnent une certaine quantité de lumière et assurent un certain transfert de chaleur est peu précise mais simple. La conception qualitative, elle, est une toute autre histoire. En effet, le même immeuble peut faire l'objet d'éloges et de critiques. Rien d'inhabituel à cela, bien sûr, mais il est quand même désirable d'optimiser la conception afin que la majorité des usagers aiment bien leur immeuble. C'est alors que l'on fait face à des considérations telles que l'ambiance, l'orientation et le contact avec le monde extérieur, considérations très difficiles à quantifier.

Les conclusions tirées de deux études effectuées en Angleterre, à des endroits distants d'à peine 200 milles l'un de l'autre, illustrent bien ces difficultés. Une étude effectuée par Hardy à Newcastle concluait que des fenêtres de bureau étroites et verticales plutôt que longues et horizontales peuvent être préférables: les fenêtres étroites et verticales évitent l'effet "de poursuite" de la trajectoire du soleil, en plus de présenter une vue plus intéressante. L'autre étude par Keighley, à Loughborough, concluait qu'une fenêtre horizontale serait préférable parce qu'elle offre la meilleure vue. La confusion ne s'arrête pas là: récemment encore, j'ai effectué une étude sur les fenêtres et il m'a été impossible de confirmer l'une ou l'autre de ces conclusions.

En règle générale, les gens préfèrent se trouver dans des locaux avec des fenêtres plutôt que sans fenêtres. Cette préférence implique que la lumière du jour crée un intérieur plus agréable et satisfaisant que celui éclairé uniquement par des lampes électriques. Cela est dû essentiellement au fait que les fenêtres offrent un contact avec l'extérieur; ce sont les yeux de l'hôpital.

Certains auteurs ont conclu que ce contact avec l'extérieur serait l'objectif principal des fenêtres d'hôpital. D'après eux, le but principal n'est pas de fournir de la lumière pour la vision. Il y a quelques quatre ou cinq ans, la Illuminating Engineering Society of North America (IES) publiait "Lighting for health care facilities". Le président du comité de la IES qui avait rédigé ce document était le Dr. W.C. Beck. Il affirmait:

> "On considère aujourd'hui que la fenêtre représente essentiellement un lien psychologique entre l'environnement institutionnel et le monde extérieur. Bien que cette ouverture vitrée fournisse un certain éclairage intérieur, il s'agit là d'une considération secondaire (sauf peut-être pour la conservation de l'énergie)."

Le lien psychologique dont parlait le Dr Beck est particulièrement important dans les sections de soins intensifs et les salles de convalescence.

Dans un article publié dans le British Medical Journal, Kornfeld suggérait plusieurs changements à apporter aux salles de convalescence des hôpitaux. Ainsi, il suggérait que "le malade devrait pouvoir voir une fenêtre extérieure". Trois ans plus tard, en 1972, Wilson rendait compte d'une étude comparant l'incidence du délire postopératoire sur deux échantillons de malades ayant subi une intervention chirurgicale, en Arkansas. Chaque échantillon comptait 50 malades. Un échantillon était soigné dans une section de soins intensifs dépourvue de fenêtre, tandis que l'autre échantillon était dans une section de soins intensifs avec des fenêtres. On a constaté plus de deux fois plus d'épisodes de délire organique dans la section de soins intensifs sans fenêtres. De plus, chez les malades dans la section dépourvue de fenêtre qui n'ont pas subi de délire postopératoire, on a constaté une plus forte incidence de dépression postchirurgicale. La conclusion de l'étude était qu'il est très souhaitable d'avoir des fenêtres dans une section de soins intensifs afin déviter la privation sensorielle.

On constate aujourd'hui que le Ministère ontarien de la Santé recommande fortement qu'il y ait des fenêtres dans les sections de soins intensifs. Par ailleurs, on m'a signalé que les lignes directrices fédérales aux États-Unis exigent que l'on prévoie l'accès aux fenêtres dans les aires de soins intensifs.

Le contact avec l'extérieur est particulièrement important dans la section de soins cardiaques. Lors de la conception d'une SSC, on considère qu'il est nécessaire de doter d'une fenêtre chaque aire où il y a un lit de malade afin de lui donner un sens de l'orientation et une sensation de bien-être.

Lorsqu'on parle d'un éclairage utilisant la lumière du jour, on se réfère à l'utilisation et à la manipulation de la lumière visible provenant du soleil et du ciel. Cette lumière est composée d'une bande de couleurs (le spectre) couvrant juste une octave du violet (380 nm) au rouge (760 nm). Cependant le soleil rayonne de l'énergie en plus de la lumière visible. Par exemple, il émet des rayons cosmiques, des rayons gamma, des rayons infrarouges et, ce qui présente un intérêt particulier pour nous, des rayons ultraviolets. Le rayonnement ultraviolet peut affecter notre santé. Trop d'UV peut être nocif, étant une cause du cancer de la peau. D'autre part, l'UV peut également avoir des effets positifs sur

notre corps. Par exemple, les ultraviolets aident à synthétiser la vitamine $D_3$ qui contribue à renforcer l'ossature du corps.

Par convention, la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) divise le spectre UV en trois bandes de longueur d'onde:

| | |
|---|---|
| UV-A (UV proche) | 315-400 nm |
| UV-B (UV moyen) | 280-315 nm |
| UV-C (UV lointain) | 100-280 nm |

La longueur d'onde la plus courte à laquelle le verre de fenêtre ordinaire est transparent est d'environ 300 nm. Par conséquent, une fenêtre comportant ce genre de verre n'admettra aucun UV moyen ou lointain, et uniquement une partie du proche UV. La fenêtre arrêtera la plupart du rayonnement UV naturel provenant du soleil, le rayonnement qui est biologiquement actif.

Il y a de nombreuses années, on a mis au point le verre que l'on a convenu d'appeler "enrichi". Il avait un facteur élevé de transmission des UV, et on l'utilisait dans les fenêtres des sanatoriums. Au cours de ces quelques dernières années, il y a eu un renouveau d'intérêt concernant ce genre de verre.

Par exemple, d'après un compte rendu publié par l'Organisation Mondiale de la Santé, l'URSS était en train d'évaluer l'utilisation de ce verre. L'évaluation se faisait dans des conditions expérimentales sur des animaux de laboratoire et dans des conditions réelles avec des enfants, le verre étant utilisé dans les fenêtres. Selon le compte rendu de l'OMS, ces fenêtres sont très efficaces en ce qui concerne leur effet général favorable à la santé.

Au Royaume-Uni, un rapport publié par le ministère de la Santé et de l'Assurance sociale notait que l'on avait suggéré l'emploi de fenêtres utilisant du verre qui transmet le rayonnement UV, pour améliorer la synthèse de la vitamine D chez les personnes âgées qui vivent dans des établissements de santé ou des salles d'hôpital ou dans des maisons ordinaires. Cependant, le rapport a recommandé d'entreprendre des recherches supplémentaires avant de recommander l'utilisation de verre transmettant l'UV.

Lorsqu'il travaillait au Building Research Station, en Angleterre, Hopkinson entreprit, il y a quelque 25 ans, une étude approfondie sur la forme et la grandeur les plus efficaces pour les fenêtres des salles d'hôpital. Il examina le rapport entre la dimension de la fenêtre, le confort visuel et le facteur de lumière du jour. Le facteur de lumière du jour est le rapport entre l'éclairement en un point d'un plan intérieur et l'éclairement provenant sans obstruction d'un hémisphère du ciel. Hopkinson conclut que, si l'on voulait que la répartition de luminosité soit agréable, le facteur de lumière du jour à l'arrière des

salles d'hôpital ne devait tomber en dessous de 1%. Un facteur de lumière de jour minimum de 1% a été accepté en tant que critère de calcul par le ministère de la Santé et de l'Assurance sociale britannique. On a constaté qu'il était possible de réaliser cette valeur dans des salles larges de 7 m (23 pieds), avec une hauteur au plafond de 3,05 m (10 pieds), sans que les malades dans les lits les plus proches de la fenêtre soient trop gênés par l'éblouissement dû au ciel. On y est parvenu grâce à des conceptions mettant en jeu des dispositifs tels que le déflecteur utilisé dans les hôpitaux de Larkfield et Swindon et la fenêtre en forme de T utilisée à Musgrave Park.

Par la suite, ce ministère britannique a proposé d'augmenter le nombre de lits dans un espace donné en faisant passer de quatre à six le nombre de demi-chambres à plusieurs lits. La largeur de la demi-chambre serait augmentée pour passer de 7 à 7,92 m (26 pieds), tandis que la hauteur au plafond serait réduite à 2,74 m (9 pieds).

Des études supplémentaires entreprises au Building Research Station par Cockram et Collins ont démontré qu'il faudrait de vastes superficies de vitrage sans écran pour réaliser, au moyen de fenêtres latérales seulement, un facteur de lumière du jour de 1% aux lits situés à l'arrière. Or, cela entraînerait inévitablement des problèmes de surchauffage solaire et d'éblouissement provenant du ciel.

Si je mentionne ces études, c'est que je ne suis au courant d'aucune étude comparable qui aurait été entreprise au Canada. À ce que je sache, la plupart des salles sont larges de 20 pieds et ont deux lits, bien que je sois au courant d'une conception d'hôpital récente où les salles sont très larges et ont quatre lits. Les fenêtres de ces salles sont généralement basées sur les "Mesures de conservation de l'énergie dans les nouveaux immeubles" de 1978, élaborées par le Comité associé pour le Code national du bâtiment, du Conseil national de recherche du Canada.

Ces "mesures de conservation de l'énergie" établissent des limites empiriques pour la superficie des fenêtres d'un immeuble. Essentiellement, la superficie totale du vitrage ne peut pas dépasser 15% de la superficie du plancher de l'étage desservi par ce vitrage, ni 40% de la superficie totale des murs de cet étage. Ces limites permettent de jongler avec la forme et la dimension des fenêtres ainsi qu'avec les types de vitrage et d'écran. Néanmoins, ces limites ont été basées essentiellement sur les exigences de la conservation d'énergie, et j'aimerais voir entreprendre une étude pour déterminer si les fenêtres conçues selon ces limites permettent un bon éclairage des salles d'hôpital.

La publication "Light for health care facilities" qui fait partie des Actes de la Illuminating Engineering Society of North America, consacre une colonne à l'éclairage par la lumière du jour. Ce texte commence en affirmant que

> "L'incorporation d'une certaine fenestration dans les chambres des malades semble essentielle. La possibilité de regarder par la fenêtre, pour y percevoir éventuellement une vue agréable, est psychologiquement satisfaisante et offre une certaine relaxation lorsque les yeux des malades, de leurs visiteurs et du personnel de l'hôpital peuvent de temps en temps apercevoir des objets lointains. Cependant, les aménagements qui intègrent des zones d'éclairement élevé dans le champ visuel risquent d'être gênants. Il est particulièrement nécessaire d'éviter les forts écarts d'éclairement entre les zones éclairées par la lumière du jour et les aires intérieures éclairées selon les niveaux recommandés. On pourra peut-être y parvenir en contrôlant la lumière du jour plutôt qu'en augmentant le niveau d'éclairement électrique."

Nous verrons que cela se rapporte également au problème de l'éblouissement, sur lequel s'étaient penchés Hopkinson et ses collaborateurs.

Il est fort probable qu'un malade couché sur le dos près d'une fenêtre ordinaire sera affecté par l'éblouissement, particulièrement par une journée nébuleuse et même s'il ne voit pas le soleil. Plus on regarde droit vers le haut et plus un ciel couvert devient lumineux; or le malade regarde pratiquement droit vers le haut. Tel qu'indiqué auparavant, un dispositif quelconque de contrôle de la lumière du jour est nécessaire pour bloquer de la vue du malade le ciel lumineux.

Le même paragraphe mentionne le besoin qu'a le malade de regarder par une fenêtre pour y voir éventuellement "une vue agréable". On devrait noter tout particulièrement cette référence à une "vue agréable", parce que dans la plupart des cas les fenêtres offrent une vue intéressante pour le visiteur mais uniquement une vue du ciel pour le malade.

On a remarqué par exemple qu'au Harkness Pavilion du Columbia Medical Centre, à New York, le malade a une très belle vue de la rivière Hudson, mais uniquement lorsqu'il est capable de se lever de son lit.

Si l'on veut qu'un malade alité voit vers l'extérieur, on doit soit hausser le lit (chose fort peu probable), soit abaisser le seuil de la fenêtre, chose que l'on devrait considérer. J'ai vu des photos de chambres de malades dans des hôpitaux américains, où la fenêtre descend presqu'au niveau du plancher, ce qui semblerait idéal pour permettre au malade de voir ce qui se passe à l'extérieur. Un tel hôpital est l'Hospice pour les mourants, à Branford (Connecticut), hôpital conçu dans une certaine mesure selon les concepts des hospices européens au Moyen-âge. À cette époque-là, on plaçait le malade de manière à lui permettre de voir ce qui se passait dans le marché à l'extérieur.

Des concepteurs d'hôpitaux et des psychologues, tant au Canada qu'au Royaume-Uni, m'ont toutefois indiqué qu'on ne devrait pas utiliser dans les hôpitaux (et particulièrement pas aux étages supérieurs) des fenêtres à seuil bas, car cela crée un sentiment d'insécurité, surtout si la personne ne se sent pas bien. Un psychologue distingué qui a une vaste expérience dans les hôpitaux a attiré mon attention sur le fait que certaines gens ont peur de sortir sur un balcon à cause de cette insécurité. C'est pourquoi, d'après lui, le seuil des fenêtres devrait se trouver à la hauteur normale, c'est-à-dire à un peu plus de deux pieds.

Néanmoins, une proposition soumise au Comité sur la lumière du jour, (TC 4.2) de la Commission Internationale de l'Éclairage par le Dr M. Seidl précise que dans les chambres des malades "un rebord supérieur bas des seuils de fenêtres serait désirable pour permettre une vue suffisante vers l'extérieur. C'est pourquoi le rebord inférieur du seuil de fenêtre ne devrait pas être plus haut que le niveau du lit (environ 0,50 m au-dessus du niveau du plancher)".

À mon avis, la forme optimale des fenêtres de la chambre d'un malade n'a pas encore été arrêtée.

Nous avons vu un paragraphe de la publication "Lighting for health care facilities". Examinons-en maintenant un autre.

> "La quantité et la répartition de la lumière du jour reçu à l'intérieur d'une chambre dépend de la superficie totale des fenêtres, de leurs propriétés de transmission de la lumière ainsi que du rapport entre la hauteur de la fenêtre et la largeur de la pièce".

Les méthodes utilisées pour répondre à ces facteurs sont, bien sûr, bien connues; nous avons déjà examiné l'utilisation, en Grande-Bretagne, d'un facteur de lumière du jour d'au moins 1% dans les salles à 4 lits. Encore faut-il voir si cette valeur est adéquate pour les salles d'hôpital au Canada, qui sont plus réduites.

Un contrôle de la lumière solaire peut être nécessaire pour réduire les effets d'éblouissement et de chauffage. L'étude du contrôle solaire est un problème faisant appel à la géométrie tridimensionnelle. Bien qu'on puisse le résoudre par le calcul, il est plus couramment résolu au moyen de tableaux et de dispositifs à cadran solaire. Les cadrans solaires sont particulièrement utiles pour étudier les ombres et la pénétration du soleil.

L'Héliodon est un tel appareil. Une lampe qui représente le soleil éclaire une maquette à des angles correspondant à ceux des rayons du soleil qui incideraient sur l'immeuble réel aux moments correspondants de la journée. L'Héliodon est ajusté de manière à correspondre aux positions du soleil à n'importe quel angle de latitude.

Le cadran solaire Pilkington et son équivalent français (les Diagrammes Solaires CSTB) servent aux mêmes fins. Un cadran solaire différent est nécessaire pour chaque 5° ou 10° de latitude.

Parmi les mythes que l'on retrouve dans le domaine du calcul de l'éclairage, il y avait la croyance que les rayons du soleil arrivent toujours du coin supérieur gauche de la planche de dessin. Plus récemment, on prenait pour hypothèse que le soleil pouvait apparaître n'importe où dans le ciel. Par conséquent, des dispositifs de contrôle solaire étaient utilisés partout sur un immeuble. Il y a même une école (au Canada, au nord de l'équateur) dotée de paralumes antisolaires sur sa façade nord.

Évidemment, l'utilisation d'un verre teint ou réfléchissant représente l'un des moyens disponibles pour contrôler l'éblouissement solaire. Je reviendrai sur cette question un plus plus tard; j'aimerais simplement signaler ici que la pratique générale semble être d'utiliser un verre ayant le même facteur de transmission sur les 4 côtés du bâtiment. J'en ai parlé récemment au directeur commercial d'une grande société de verrerie. Il m'a affirmé qu'il avait toujours, sans exception, fourni le même verre pour application partout dans un immeuble donné. La justification de cette pratique me semble purement cosmétique, puisque le verre sur la façade ouest subira un éclairement quelque dix fois supérieur à celui de la façade nord. En fait, j'ai entendu parler d'un complexe d'appartements élégants, dont les vitres ont apparemment été choisies en vue de contrôler l'éblouissement par le soleil. Par conséquent, le verre a un faible factuer de transmission; les appartments face au nord ont donc un aspect morne. Les résidents s'attendaient à voir cette continuité d'espace de l'intérieur vers l'extérieur qui était si évidente dans la pensée de Gropius. Les résidents, face à l'absence de cette continuité d'espace, font des réclamations.

Diverses personnes, dans un hôpital, auront des opinions différentes sur la lumière solaire. D'après une étude, 91% des malades considéraient que la lumière solaire était agréable, tandis que 62% du personnel considérait qu'elle était gênante Ce différend est facile à expliquer: de nombreux malades étaient mobiles et pouvaient se déplacer pour éviter le soleil s'ils le voulaient, tandis que de nombreux membres du personnel travaillaient à des endroits fixes, dans un laboratoire, et le personnel infirmier devait souvent faire du travail physiquement intense. Le soleil posait donc un problème d'éblouissement pour les travailleurs de laboratoire et un problème de gêne thermique pour les infirmières.

"Lighting for health care facilities" mentionne "les types de verre utilisés pour les fenêtres" ainsi que les divers types de verre absorbant ou réfléchissant la chaleur, qui sont disponibles aujourd'hui. Parmi ces verres, nombreux sont ceux qui ne sont pas neutres en ce qui concerne leurs caractéristiques de transmission de la lumière, c'est-à-dire qu'ils changent la couleur de la lumière qui les traverse. Dans un livre

publié récemment, Evans recommande l'utilisation de verre à transmission réduite du gris, puisqu'il ne fausse pas la couleur de la lumière. Cependant, à mon avis, Cuttle a démontré de manière probante que les gens préfèrent un facteur de transmission non neutre qui donne une lumière chaude. Le changement effectif de couleur n'est pas remarqué, à moins qu'il ne soit possible de comparer une fenêtre colorée avec une autre qui ne l'est pas ou avec une vue vers l'extérieur par une fenêtre ouverte. Cependant, il faut ici poser une question: le changement de couleur affectera-t-il l'aptitude du médecin à tenir compte de la couleur de l'épiderme du malade en tant qu'indice diagnostic?

La question du changement des couleurs se pose évidemment lorsqu'on choisit des lampes fluorescentes pour un hôpital. J'ai été dans des hôpitaux qui semblaient quelque peu indifférents en ce qui concerne le choix des lampes. En fait, le jour de Noël, j'étais dans un hôpital qui utilisait des lampes blanc froid dans la section des urgences. Une discussion des lampes pour hôpitaux dépasse la portée de cet exposé, mais il faut remarquer qu'au Royaume-Uni c'est la British Medical Association qui spécifie ces lampes.

J'ai mentionné des fenêtres que l'on peut ouvrir. Depuis plusieurs années, le ministère ontarien de la Santé spécifie ce genre de fenêtre pour ses hôpitaux. À l'avis du Ministère, le malade préfère pouvoir ouvrir la fenêtre, ce qui lui permet de contrôler dans une certaine mesure son environnement. C'est également l'opinion du Ministère qu'une fenêtre ouvrable peut servir à admettre de l'air refroidissant en cas de panne de la climatisation. On m'a signalé également que les grandes fenêtres ouvrables de la nouvelle tour de l'hôpital St. Vincent, à New York, ont fait l'objet d'un "acceuil enthousiaste". On a affirmé que le malade n'a plus l'impression qu'il est isolé de l'extérieur, dans une pièce hermétiquement scellée.

Il y a cinq ou six ans, j'ai posé plusieurs questions concernant l'éclairage d'hôpitaux. Je vais mentionner celles qui concernaient l'éclairage au moyen de la lumière du jour.

1. Quelle vue devrait-on permettre au malade lorsqu'il est couché dans son lit, assis sur le lit ou lorqu'il se déplace?

2. Comment peut-on assurer cette vue vers l'extérieur sans éblouissement excessif par le ciel ou un éblouissement direct du soleil et sans créer un sentiment d'insécurité chez le malade?

3. Quels sont la grandeur, la forme et le type optimaux d'une fenêtre, lorsqu'on pèse bien l'importance de la vue vers l'extérieur par rapport à la perte de chaleur et l'accumulation de chaleur par la fenêtre?

4. Quel est le rapport optimal entre la grandeur, la forme et le type de la fenêtre et la grandeur (particulièrement la largeur) de la salle, pour assurer une répartition adéquate de la lumière du jour dans la salle d'hôpital?

Il me semble que ces questions sont tout aussi valables aujourd'hui que lorsque je les ai posées pour la première fois. Je ne suis pas le seul qui se préoccupe de l'éclairage dans les hôpitaux. En août 1980, Santé et Bien-être social Canada a organisé un atelier sur la conception des fenêtres. À cet atelier, l'architecte newyorkais Carl Stein affirma:

> "Si le résultat de cette conférence était que les cinq prochains hôpitaux construits au Canada seraient conçus en tenant compte davantage du calcul des fenêtres, ces bâtiments seraient meilleurs et donneraient aux concepteurs le signal qu'ils attendent pour savoir que ce genre d'amélioration fera que l'architecture reçoive l'accolade du public."

À mon avis, on ne saurait ignorer les commentaires de M. Stein.

# DESIGN DE L'ÉCLAIRAGE DES HÔPITAUX

**H. MacDiarmid, Ing.,P.,**
**Ingénieur-conseil, Winnipeg**

## Introduction

Lorsqu'on conçoit l'éclairage pour un établissement de santé, il faut parfois prévoir d'éclairer plus de cent vingt tâches ou activités différentes.[1]

On peut subdiviser les besoins d'éclairage en trois grandes catégories: soin des malades, tâches du personnel médical, fonctions opérationnelles et administratives.

Un éclairage qui crée un atmosphère chaleureuse et agréable est bénéfique pour les malades; c'est un éclairage semblable à ce qu'on trouve au foyer.

Le personnel médical a besoin d'un éclairage adéquat, avec un excellent rendu des couleurs, conforme aux exigences de chaque tâche particulière.

Les exigences d'éclairage pour le personnel opérationnel et administratif ressemblent à celles recommandées pour les tâches et activités dans les immeubles commerciaux et institutionnels.

## Éclairement

Les niveaux d'éclairement recommandés par la Illuminating Engineering Society of North America (IES) sont similaires à celles recommandées par la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Les niveaux d'éclairage se subdivisent en neuf catégories, et chaque catégorie contient une gamme de trois éclairements, comme le montre le tableau 1.

Par exemple, IEC recommande les catégories d'éclairement suivantes pour les chambres des malades:

- éclairage général, catégorie B (50-75-100 lux)
- observation des malades, catégorie A (20-30-50 lux)
- examen critique, catégorie E (500-750-1000 lux)
- lecture par les malades, catégorie D (200-300-500 lux)
- Nettoyage des chambres, catégorie C (100-150-200 lux)

Les manuel de la IES[2] décrit la manière de choisir la valeur appropriée de l'éclairement pour la catégorie recommandée.

Les niveaux d'éclairement nécessaires pour la performance visuelle ne constituent pas le seul critère d'éclairement dont il faut tenir compte. L'éclairage doit également permettre une satisfaction visuelle, qui est en fait une évaluation subjective: l'éclairage est-il agréable, sans éblouissement, pas trop fort ni trop sombre[3]?

Lampes

Les lampes sont classées selon leur couleur ainsi que leur rendu des couleurs.

On précise leur couleur en comparant la couleur de la source lumineuse à un radiateur (corps noir) intégral idéal chauffé à la température appropriée en degrés Kelvin. La température à laquelle la couleur du corps noir idéal est identique á la couleur de la source lumineuse s'appelle température de couleur de la lampe.

Par exemple, une lampe à incandescence qui a un aspect blanc-rougeâtre, a une température de couleur d'environ 2800° K; une lampe fluorescente blanc-froid qui a un aspect blanc, a une température de couleur d'environ 4200° K. Enfin, une lampe fluorescente pour éclairage de jour, qui a un aspect blanc-bleuâtre, a une température de couleur d'environ 6500° K.

Les lampes qui ont une température de couleur inférieur à 3300° K (blanc-rougeâtre) sont considérées "chaudes"; les lampes ayant une température de couleur de 3300° K ET 5500° K sont considérées "intermédiaires"; les lampes ayant une température de couleur supérieure à 5500° K (Blanc-bleuâtre) sont "froides".

Les lampes chaudes sont les mieux adaptées aux niveaux d'éclairement faibles inférieurs à 700 lux; les lampes intermédiaires sont bien adaptées pour les éclairements de 700 à 3000 lux; les lampes froides sont préférables pour les niveaux d'éclairage élevés, supérieurs à 3000 lux. En règle générale, on ne devrait pas utiliser dans le même espace et en même temps des lampes ayant des températures de couleur différentes.

Le rendu des couleurs est l'aptitude d'une lampe à rendre les couleurs fidèlement lorsqu'on la compare à une source témoin appropriée telle la lumière du jour, à la même température de couleur de la lampe.

L'indice de rendu des couleurs (IRC) est l'une des méthodes permettant de préciser la capacité d'une source lumineuse à rendre les couleurs. L'IRC des lampes ayant une température de couleur inférieur à 5000° K utilise la lumière du jour à midi comme source témoin; on attribue à cette source témoin la valeur 100. L'IRC d'une lampe qui a un "très bon" rendu des couleurs serait dans la gamme de 90 à 100; une lampe avec un "bon" rendu des couleurs aurait un IRC de 70 à 90; une lampe ayant un IRC de 50 à 70 n'aurait qu'un rendu des couleurs "passable".

L'IRC d'une lampe est déterminée par sa capacité à rendre les vraies couleurs d'un certain nombre (généralement 8) de couleurs d'essai saturées. Il se peut donc que deux lampes ayant le même IRC ne rendent pas de la même façon une couleur particulière (par exemple celle de la peau humaine). Pour les applications exigeant un très bond rendu des couleurs d'un objet tel l'épiderme ou le tissu humain, le choix des lampes doit se faire en observant réellement la couleur de l'objet éclairé par la lampe proposée.

Certains fabricants de lampes ont proposé une nouvelle méthode permettant de spécifier les propriétés de rendu des couleurs d'une source lumineuse, basée sur la couleur perçue d'un objet éclairé par la lampe. Cette méthode, désignée Indice de préférence des couleurs (IPC), n'a pas encore été adoptée par tous les grands fabricants de lampes.

## Facteurs de Perte de Lumière

Lors de la conception des systèmes d'éclairage, on doit s'assurer que le niveau de l'éclairage réel ne tombe jamais en dessous de l'éclairement recommandé ou de calcul, au cours de la vie utile de l'installation. Les diverses raisons qui entraînent une diminution de l'éclairement avec l'usage sont réunies en un seul coefficient appelé le Facteur de perte de lumière (FPL)[4]. Deux des raisons les plus importantes de la diminution de la lumière sont la réduction du nombre de lumens que produit la lampe avec l'usage, appelée Dépréciation-lumens de la lampe (DLL) et la diminution de la lumière produite par le luminaire à cause de la poussière et des saletés accumulés sur la lampe et le luminaire, appelée Dépréciation d'encrassement du luminaire (DEL).

Pour compenser cette chute prévue de la lumière produite, il faut prévoir des luminaires supplémentaires pour empêcher que le niveau d'éclairage ne tombe sous le niveu de calcul. En plus de donner plus de lumière que celle réellement nécessaire pendant la plupart de la durée de l'installation, ces luminaires supplémentaires augmentent également le coût d'investissement et les frais d'exploitation du système d'éclairage. Comme l'indique la figure 1, le nombre de luminaires supplémentaires et la valeur initiale de l'éclairement sont directement liés au FPL. À mesure que le FPL diminue, le nombre de luminaires nécessaires augmente, entraînant également une augmentation des frais de capital et d'exploitation.

On peut réduire les frais de capital et d'exploitation en utilisant un FPL supérieur au FPL de calcul réel et en s'assurant que la dépréciation du système d'éclairage ne ramène pas la valeur en dessous du FPL choisi; on y parvient au moyen d'un programme d'entretien planifié permettant d'améliorer le système d'éclairage à intervalles réguliers, comme l'indique la figure 2. Le programme d'entretien consisterait à remplacer les lampes à des intervalles réguliers et à nettoyer les luminaires par la même occasion. On peut déterminer la périodicité du cycle d'entretien

une fois que l'on a choisi le FPL. Il existe des programmes informatiques qui peuvent calculer la durée optimale du cycle d'entretien en fonction du coût minimal de possession et d'exploitation du système d'éclairage. Cependent, le FPL de la plupart des aires des installations de santé dépend davantage de l'âge des lampes que de l'encrassement des luminaires; on peut donc généralement choisir le PFL entièrement en fonction de la perte de lumière par la lampe.

## Systèmes à rhéostat

La réduction au moyen d'un rhéostat est un moyen permettant de minimiser les frais d'exploitation et de garder l'éclairement constant à sa valeur de calcul, malgré les luminaires supplémentaires ajoutés pour compenser la perte prévue de lumière.

Les systèmes de réglage peuvent être commandés manuellement ou automatiquement. Lors de la commande manuelle, il faut un réglage périodique du niveau d'éclairage; la commande automatique utilise la sortie d'un photocapteur qui surveille le niveau de lumière ambiant afin de maintenir l'éclairement de l'espace au niveau de calcul. Certains systèmes d'ajustement peuvent être programmés pour fournir des niveaux d'éclairage différents selon les diverses exigences des tâches effectuées dans un même espace.

La lumière produite est presque directement proportionnelle à la puissance d'alimentation sur toute la gamme de réglage. La courbe de demande de puissance, telle qu'indiquée à la figure 3, est donc l'image spéculaire (symétrique) de la courbe de FPL que montre la figure 1. En réduisant la demande on partient également à réduire proportionnellement la consommation d'énergie.

Les systèmes de réglage augmentent le coût en capital du système d'éclairage mais ils permettent de faire des économies en réduisant la demande d'électricité et la note d'énergie. On peut déterminer, au moyen d'une analyse du Coût du cycle de vie (CCV)[5], les bénéfices économiques qu'il y aurait à installer un système de réglage. La formule CCV calcule le coût total de la possession et de l'exploitation du système d'éclairage, avec et sans système de réglage.

On peut également se servir d'une commande de réglage automatique pour profiter de toute contribution que peut apporter à l'éclairement de l'espace la lumière du jour, aspect particulièrement valable pendant les mois d'été où la composante "lumière du jour" est importante, et où la réduction de l'éclairage électrique réduit non seulement les frais d'éclairage mais aussi la charge du système de climatisation.

## Conclusions

Les concepteurs d'éclairage devraient profiter de toutes les avances technologiques récentes concernant l'équipement d'éclairage et les aides à la conception telles que:

- sources lumineuses intenses et efficaces
- sources lumineuses avec un meilleur rendu des couleurs
- Nouveaux ballasts et lampes fluorescentes produisant une lumière intense
- programmes informatiques d'analyse du coût du cycle de vie
- programmes informatiques du calcul de l'éclairage
- systèmes de réglage manuels et automatiques

On pourrait comparer les commandes de réglage automatiques de l'éclairage aux commandes thermostatiques du chauffage. À mesure que les frais d'énergie augmentent et que les progrès techniques réduisent le coût des commandes de réglage, les systèmes de réglage sont appelés à connaître un usage de plus en plus répandu.

Chaque fois que l'on conçoit un système d'éclairage, on devrait considérer l'usage de commandes régulatrices, s'il y a lieu. On doit alors tenir compte des avantages qu'il y aurait à avoir un système d'éclairage où l'éclairement est réglable, ainsi que des avantages économiques eux-mêmes, qui risquent cependant dêtre marginaux pour certaines applications, à l'heure actuelle.

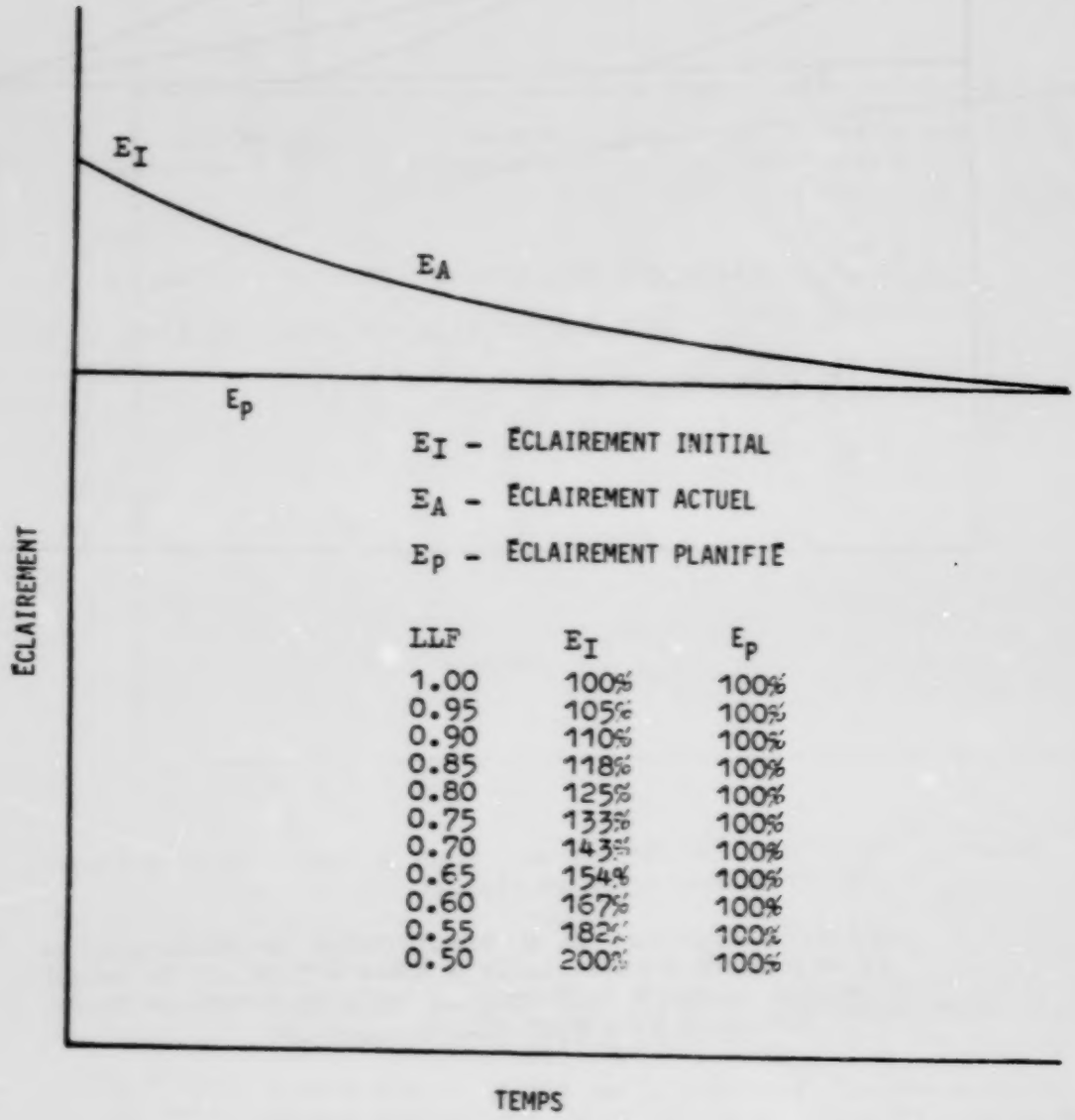
| CATÉGORIE | ÉCLAIREMENT - lux |
|---|---|
| A | 20 - 30 - 50 |
| B | 50 - 75 - 100 |
| C | 100 - 150 - 200 |
| D | 200 - 300 - 500 |
| E | 500 - 750 - 1000 |
| F | 1000 - 1500 - 2000 |
| G | 2000 - 3000 - 5000 |
| H | 5000 - 7500 - 10000 |
| I | 10000 - 15000 - 20000 |

Catégories A B et C sont des catégories d'éclairage général

D E et F sont des catégories pour l'éclairement des tâches visuelles

G H et I sont des catégories pour l'éclairage de tâches visuelles spéciales

TABLEAU 1 CATÉGORIES ET VALEURS D'ÉCLAIREMENT




| LLF | $E_I$ | $E_p$ |
|---|---|---|
| 1.00 | 100% | 100% |
| 0.95 | 105% | 100% |
| 0.90 | 110% | 100% |
| 0.85 | 118% | 100% |
| 0.80 | 125% | 100% |
| 0.75 | 133% | 100% |
| 0.70 | 143% | 100% |
| 0.65 | 154% | 100% |
| 0.60 | 167% | 100% |
| 0.55 | 182% | 100% |
| 0.50 | 200% | 100% |

**Figure 1** **Diminution de l'éclairement avec le temps**

**Notons que la capacité installée du système d'éclairage et l'éclairement initial sont tous deux inversement proportionnels au facteur de perte de lumière.**

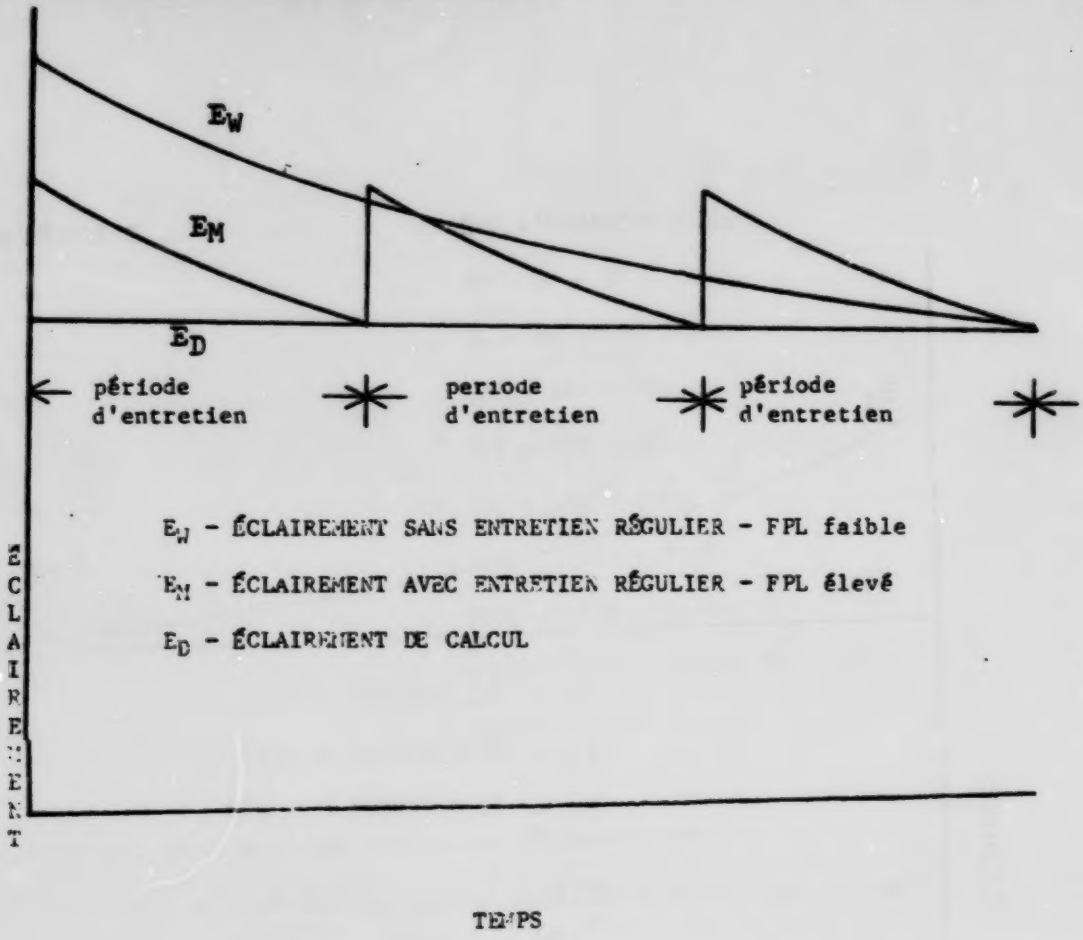



Figure 2 Diminution de l'éclairement avec le temps, sans entretien régulier et avec entretien régulier

Notons la diminution de la valeur initiale de l'éclairement et de la capacité installée (pour le même éclairement de calcul) lorsqu'on augmente le facteur de perte de lumière au moyen d'un programme d'entretien régulier.

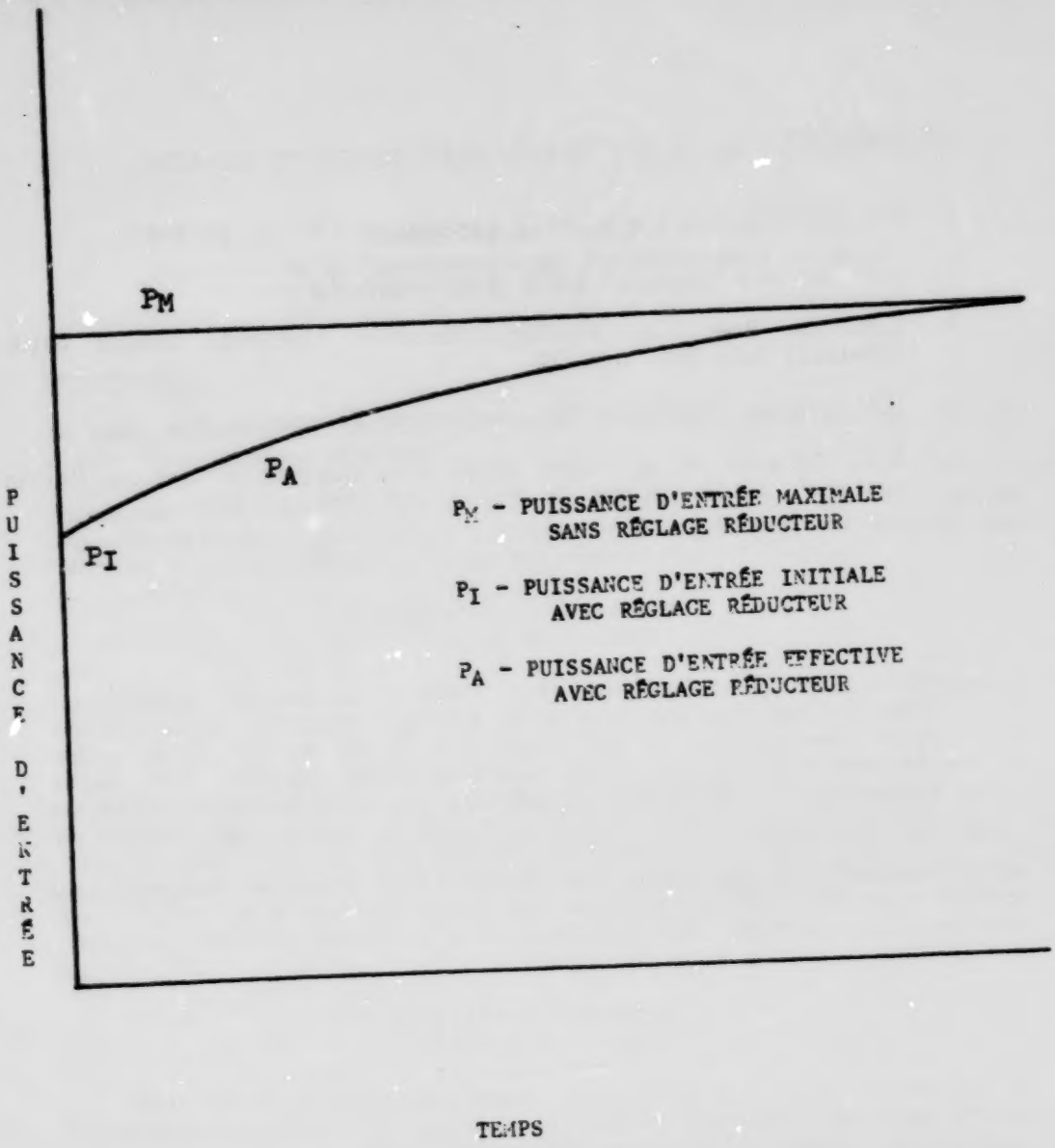



Figure 3 Puissance d'entrée d'un système d'éclairage sans réglage réducteur et avec réglage réducteur

Notons que la courbe de la puissance d'entrée effective est l'image systmétrique de la courbe de la lumière effectivement fournie que montre la figure 1.

## RÉFÉRENCES


1. IES Lighting Handbook 1981, Application Volume, p. 2-6

2. IES Lighting Handbook 1981, Application Volume, p. 2-20

3. J.B. de Boer, D. Fischer, "Interior Lighting, second edition (revised) July 1981", p. 27

4. IES Lighting Handbook 1981, Reference Volume, p. 9-1

5. D.L. DiLaura et al, "Life cycle cost analysis of electric lighting systems", LD&A Volume 10, No. 5, mai 1980, p. 43

# NORMES ET CODES D'ÉCLAIRAGE POUR LES HÔPITAUX

**Lakis Ellinas, Ing.P.,**
**Direction de la Planification des établissements de santé**
**Ministère de la Santé, Ontario**

## Introduction

Je suis enchanté de pouvoir participer à ce symposium sur le "Design d'éclairage dans les hôpitaux".

J'aimerais tout d'abord remercier M. Harry Callan et son comité organisateur pour leur aimable invitation à présenter cet exposé sur "Normes et codes d'éclairage pour les hôpitaux".

Transparence/Diapositive 1
Page de couverture

Le système national de la santé comporte plus de 22 millions d'usagers en potentiel. L'usage que ces gens font des services de santé varie selon la répartition de la population en ce qui concerne l'âge et le sexe. Par exemple, les enfants âgés de cinq à quatorze ans passent en moyenne beaucoup moins de journées à l'hôpital que les personnes âgées de soixante-quinze ans ou plus.

Les services de santé sont fournis par divers types d'établissements. Au Canada, il y a mille trois cent soixante (1 360) hôpitaux publics généraux, publics spéciaux, privés et fédéraux, hôpitaux militaires non compris.

Transparence/Diapositive 2
Hôpitaux au Canada

Les hôpitaux sont particulièrement concentrés sur trois provinces: la Colombie-Britannique, l'Ontario et le Québec possèdent plus de 50% du nombre total d'hôpitaux. En ce qui concerne le nombre d'hôpitaux, l'Ontario vient en premier, suivi du Québec. En Ontario, il y a deux cent quatre-vingt six (286) hôpitaux publics, qui emploient plus de 110 000 employés à plein temps et à temps partiel. Chaque hôpital est géré par un conseil, par l'intermédiaire d'un directeur exécutif ou d'un président.

Les conseils d'hôpital sont autonomes et sont financés par le ministère de la Santé Provincial correspondant, conformément aux lois et règlements provinciaux. La plupart des programmes d'assurance hospitalisation ont commencé en 1958, tandis que les programmes d'assurance-maladie ont été adoptés environ dix ans plus tard.

Transparence/Diapositive 3
Hôpitaux provinciaux et programmes d'assurance-maladie?

Dès 1972, toutes les provinces du Canada avaient adopté des programmes d'assurance=maladie.

Les hôpitaux sont classés de trois manières différentes: selon le service fourni: général; spécialisé; et mental. Un hôpital général fournit des services pour le diagnostic, le traitement et les soins de tous les types de maladie, chez les personnes de tous âges. Un hôpital spécialisé fournit des services à un groupe particulier ou pour une gamme limitée de maladies, ou il restreint l'admission à un groupe particulier d'âge ou de sexe. Par exemple un hôpital pédiatrique assure en premier lieu le diagnostic et le traitement à court terme de patients pédiatriques. Un hôpital mental assure le traitement de tous les types de désordres psychiatriques.

Transparence/Diapositive 4
Classification des hôpitaux

Traditionnellement, les hôpitaux ont maintenu des liens étroits avec la domaine de la charité; c'est pourquoi la plupart d'entre eux n'ont pas de but lucratif. Sur les 1 360 hôpitaux du Canada, 1 163 sont des hôpitaux publics. Le système de soins de la santé est réglementé par divers organismes, les gouvernements provinciaux ayant la compétence première en matière de santé tandis que le gouvernement fédéral représente une source de financement importante.

L'augmentation des paiements que doit verser le gouvernement fédéral est lié au taux d'augmentation du produit national brut (PNB), ce qui offre au gouvernement fédéral une certaine protection financière contre l'augmentation des coûts dans le domaine de la santé. Chaque province exploite un régime d'assurance; les arrangements actuels de partage des coûts pour les paiements fédéraux directs sont complexes et indépendants du coût effectif des régimes provinciaux.

Transparence/Diapositive 5
Dépenses 1980 - 1981

Par exemple, les dépenses du ministère de la santé de l'Ontario, en 1980 - 1981, étaient d'environ 4,9 milliards. Cinquante huit pour cent de ce montant étaient relatifs aux hôpitaux et aux installations connexes.

Trente-et-un pour cent représentaient des paiements en vertu du régime OHIP.

Cinq pour cent concernaient les établissements psychiatriques, etc.

Le budget estimatif pour 1982 - 1983 est d'environ six et demi milliards de dollars, soit juste en-dessous de 29% du budget du gouvernement de l'Ontario.

La transparence/diapositive suivante montre le nombre de lits par millier d'habitants.

Transparence/Diapositive 6
Nombre nominal de lits

L'Alberta possède un nombre relativement élevé de lits par millier d'habitants comparativement aux autres provinces canadiennes. La Saskatchewan vient en deuxième au pays, tandis que l'ensemble du Canada a un taux plus élevé que les États-Unis et les pays européens. Ces taux plus élevés sont dûs à plusieurs facteurs. Dans les provinces ayant une population rurale, sur de très vastes territoires, les habitants ont des problèmes de transport pour se rendre au centre le plus proche pendant les mois d'hiver, où les conditions météorologiques sont très sévères. C'est ce qui a encouragé les personnes rurales âgées, dans ces provinces, à se rendre de façon anticipée aux établissements de soins hospitaliers auxiliaires, (connus, dans cette province, sous le nom de soins chroniques).

Dans toutes les provinces, c'est le ministère de la santé qui autorise la construction ou l'expansion d'hôpitaux, et c'est lui qui assure le financement de l'investissement.

Transparence/Diapositive 7
Financement des projets d'investissement par les provinces

Six provinces offrent un financement à 100%. Par exemple, en Alberta, jusqu'en 1973, les établissements de santé recevaient quatre-vingt pour cent de leur financement du gouvernement provincial et vingt pour cent des gouvernements municipaux de leur région. Depuis le 13 janvier 1973, les arrangements ont changé et le gouvernement provincial a assumé la totalité du financement.

Les hôpitaux dans l'ensemble du pays ont environ 192 000 lits, cent quatre-vingt douze millions de pieds carrés, et des propriétés valant au total vingt neuf milliards de dollars.

La construction d'un nouvel hôpital est un processus à la fois long et complexe. Par exemple, pour un nouvel hôpital public de 300 lits, il faut environ cinq ans à partir du stade du programme directeur.

Transparence/Diapositive 8
Échéancier de réalisation pour un nouvel établissement de 300 lits

Jusqu'à l'achèvement de la construction: deux ans et demi pour la conception et les approbations et deux ans et demi supplémentaires pour la construction.

On peut classer les nouveaux projets en quatre catégories:

Transparence/Diapositive 9
Classification des nouveaux projets selon le coût

1. Coût d'exploitation seulement - pas de frais de construction

2. Coût d'investissement seulement - établissement de remplacement

3. Coût en capital avec frais d'exploitation

4. Financement du coût en capital par l'hôpital, sans aucun frais d'exploitation supplémentaire.

En 1967, on pouvait construire un hôpital à raison de 28 $ par pied carré. Le chiffre pour 1983 est de 140 $ par pied carré.

Transparence/Diapositive 10
Flambée des coûts de la construction

Transparence/Diapositive 11
Répartition des coûts de construction en pourcentage

Treize pour cent de l'ensemble du contrat représente le coût de l'installation électrique, et dix pour cent environ de ce coût correspond aux appareils d'éclairage, en excluant le câblage de dérivation et les panneaux de commande de l'éclairage qui sont nécessaires.

Transparence/Diapositive 12
Ventilation des moyennes de la consommation d'électricité dans un hôpital

L'éclairage des hôpitaux représente le deuxième poste de consommation d'électricité après les charges mécaniques. La consommation moyenne d'un hôpital à traitement actif est de l'ordre de 15% de la consommation totale.

On a calculé le coût de l'électricité pour les hôpitaux ontariens par rapport à la superficie utile de ces hôpitaux. Le chiffre moyen minimum était de l'ordre de 20 cents par pied carré pour l'énergie électrique; 45 cents par pied carré pour le chauffage; 5 cents par pied carré pour l'eau.

Transparence/Diapositive 13
Tableau des besoins énergétiques d'un hôpital

Le coût annuel de l'électricité par lit et par année sera d'environ 110,00 $.

On a entrepris des études de gestion pour les hôpitaux où le coût de l'énergie par pied carré était élevé. Des mesures ont été prises, jusqu'ici, dans 19 cas de ce genre.

## Codes - Normes et guides

Les règlements qui régissent la conception et les niveaux d'éclairage dans les établissements de santé ne sont pas seulement des seuils minimum mais ils sont en plus très limités.

Transparence/Diapositive 14
Codes, normes et guides

Conformément au code national du bâtiment, des exigences sont précisées au niveau technique, mais les provinces adoptent légalement le code du bâtiment avec ou sans modifications, et les décisions techniques deviennent des exigences obligatoires.

Le code national du bâtiment du Canada est élaboré par le comité associé sur le code national du bâtiment du conseil national de recherche du Canada. Dix comités techniques permanents aident le comité associé à formuler les révisions que l'on doit apporter au code.

Transparence/Diapositive 15
Comités permanents

On peut constater en vérifiant la liste de ces comités permanents qu'il n'existe pas de comité précis qui s'occuperait des systèmes d'éclairage dans les immeubles. De même, parmi les neuf parties du code, on n'en trouve aucune qui soit réservée à l'éclairage.

Transparence/Diapositive 16
Parties du C.N.B.

Cependant, la sous-section 3.2.8. s'appelle "Éclairage et Alimentation Électrique de secours".

Dans cette sous-section, la phrase 3.2.8.1 (1) précise l'exigence en matière de niveaux d'éclairement dans les corridors, y compris les hôpitaux, à 50 lux à partir du niveau du plancher.

Transparence/Diapositive 17
C.N.B.

L'alinéa 3.2.8.3. précise que le niveau d'éclairement pour l'éclairage de sécurité aux issues et dans les corridors doit être de 10 lux.

Le tableau 9.3.5.2.A. se réfère lui aussi aux niveaux d'éclairage.

Ce tableau précise l'éclairage minimal pour les aires à l'usage du public en lux et en watts par mètre carré.

La sous-section 3.1.11 "Revêtements intérieurs de finition", précise les exigences concernant les indices de propagation de la flamme pour les diffuseurs et les verres des appareils d'éclairage. Par exemple,

puisqu'un appareil d'éclairage avec un parabolique en aluminium n'est pas combustible, il ne doit pas se conformer à toutes les exigences de la sous-section 3.1.11.

Le C.N.B. se réfère également à d'autres codes et normes, qui, à leur tour, précisent certains niveaux d'éclairage, mais il ne fournit pas des renseignements complets concernant les diverses aires d'activité d'un hôpital.

La conception et la gestion des immeubles publics en général présentent divers degrés de difficulté. Cependant, les hôpitaux figurent parmi les immeubles les plus difficiles, car dans les immeubles d'hôpital des gens doivent être soignés et traités par d'autres gens.

Les services d'hôpital sont modifiés conformément à l'évolution des besoins de la communauté; de plus, un hôpital doit faire face aux changements constants qu'entraîne la technologie, ce qui en fait un immeuble à la fois complexe et sans équivalent précis.

Puisque l'hôpital possède toute une gamme de sections spécialisées ou de soutien, il a une forte concentration de personnel et une population élevée; sa conception doit donc pouvoir répondre à ces besoins spéciaux, en minimisant la désuétude et en maximisant la vie utile de l'établissement.

Le conception du système d'éclairage d'un hôpital suit, elle aussi, ces principes.

Avant la crise énergétique, les niveaux d'éclairage dans les hôpitaux étaient basés sur les valeurs recommandées par les guides d'éclairage de la Illuminating Engineering Society of North America.

Dans certains hôpitaux, la charge d'éclairage dépassait 4 watts par carrés, et il y a eu des installations où, après leur mise en oeuvre, le personnel de l'hôpital a dû enlever jusqu'à 30 000 lampes fluorescentes. Selon les recommandations de plusieurs études concernant la gestion des ressources énergétiques, on peut réduire les niveaux d'éclairage sans pour autant influer négativement sur le fonctionnement ou la productivité.

Les niveaux d'éclairage recommandés par les sociétés d'ingénieurs éclairagistes du Royaume-Uni, de la Suède et de l'Allemagne sont généralement inférieurs à ceux recommandés par la IES de l'Amérique du Nord.

Un supplément au code du bâtiment concernant la conservation de l'énergie dans les immeubles neufs indique que pour certains locataires la charge d'éclairage ne doit pas dépasser 22 watts par mètre carré, soit 2,05 watts par pied carré.

Il s'agit là d'un niveau substantiel; lorsqu'on choisit des appareils d'éclairage efficaces et que l'on applique les principes de l'éclairage sur la tâche, 2 watts par pied carré peuvent fournir 100 footcandles.

La transparence/diapositive suivante présente une comparaison approximative des sources d'éclairage couramment utilisées. La sélection des luminaires doit être basée sur l'efficacité, la répartition photométrique, la facilité d'entretien et le coût.

Transparence/Diapositive 18
Chârte estimative

De plus, lorsqu'on choisit des sources pour des établissements de santé, il faut utiliser des sources plus efficaces. Cependant, l'emploi de lampes à décharge à haute intensité (HID) devrait se limiter aux aires de service et celles à l'usage du public.

Face à ces développements, le ministère ontarien de la santé a présenté des recommandations vers le début de 1976, qui par la suite sont devenues un guide publié en 1979.

Ce guide de conception a été conçu face aux pratiques de conservation de l'énergie qui s'établissaient dans certains hôpitaux où, peu après l'installation de nouveaux systèmes d'éclairage, on se mettait à enlever les lampes des luminaires, à débrancher les appareils d'éclairage ou à installer des lampes à wattage réduit dans des luminaires équipés à l'origine de lampes à fort wattage.

De nouveau niveaux d'éclairage ont alors été établis en tenant compte de ces constatations et de plusieurs études effectuées dans des établissements existants, et en faisant également une comparaison des niveaux d'éclairage recommandés par les sociétés européennes.

Les recommandations de 1981 de la IES placent carrément entre les mains du concepteur la responsabilité de choisir la quantité et la qualité de la lumière. On y précise une gamme de catégories d'éclairement et un nombre restreint de niveaux de lux/footcandles. L'édition 1981 comprend deux volumes: un volume de référence et un volume d'application.

Parmi les autres sujets examinés figure le facteur de réflexion des surfaces. On y recommande les finitions en couleur claire qui rehaussent l'éclairage artificiel. Au moyen d'un luxmètre, on peut mesurer les facteurs de réflexion dans une pièce.

Les résultats sont précis à environ cinq pour cent près, ce qui suffit pour les travaux normaux de conception d'éclairage.

Transparence/Diapositive 19
Mesure approximative des facteurs de réflexion

Les deux méthodes de mesure des facteurs de réflexion réels sont la méthode de la lumière réfléchie/incidente et la méthode de comparaison par rapport à un échantillon connu.

Le rapport entre la lumière réfléchie et la lumière incidente donna la valeur approximative du facteur de réflexion.

L'autre changement majeur par rapport aux conceptions classiques est l'emploi d'un facteur de maintenance plus élevé. Le guide recommande un facteur de maintenance de 85%, comparativement aux 60 à 70 pour cent utilisés normalement. Cela a entraîné des niveaux de footcandles initiaux beaucoup plus élevés, qui tombent par la suite pour atteindre le niveau recommandé vers la fin de la vie utile de la lampe. La source lumineuse généralement utilisée est le luminaire fluorescent, et une fluctuation de 2½ pour cent de la tension d'alimentation affecte la sortie du luminaire fluorescent de 1%, tandis que la lumière des sources incandescentes est affectée de 3% lorsque la tension d'alimentation varie de 1% par rapport à la tension nominale de la lampe.

Pour obtenir un bon système d'éclairage, il faut tenir compte de cinq facteurs fondamentaux.

1. Luminosité

2. Contraste

3. Éblouissement

4. Réflexion spéculaire et diffuse des surfaces

5. Couleur

Suite aux recherches sur les problèmes d'éblouissement et les tâches sujettes à des réflexions de voile, on a adopté le ESI (carré d'éclairage équivalent), qui représente les footcandles utilisables dans une pièce plutôt que la mesure brute des footcandles. La mesure du ESI exige un équipement complexe et coûteux qui est peu pratique pour les mesures sur le terrain. C'est pourquoi on a mis au point des mesures photoélectriques indirectes du ESI. Les méthodes tant directes qu'indirectes exigent la présence physique d'une tâche de référence.

À titre comparatif, 73 footcandles bruts donnent un niveau ESI de 30 footcandles.

Dans un immeuble d'hôpital, il y a toute une gamme de besoins en matière d'éclairage, besoins que l'on doit traiter séparément.

Dans une chambre de malade, il faut un niveau d'éclairage ambiant moyen de 20 footcandles, et un niveau de tâche de 30 footcandles.

Transparence/Diapositive 21
Intensité d'éclairement des lampes
de lit dans un hôpital

La lampe de lit dnas un hôpital assure ces niveaux de manière adéquate, puisqu'on obtient la lumière nécessaire pour la lecture et que la superficie couverte par la lumière de lecture permet au malade de se retourner dans le lit sans sortir de la zone éclairée.

Il faut également prévoir au lit une lampe d'examen qui devrait fournir 70 footcandles en moyenne.

Transparence/Diapositive 22
Lampe d'examen au lit dans un hôpital

Cette lampe d'examen ne devrait pas projeter de la lumière qui dérangerait les autres dans la chambre; elle doit être confinée à la région du lit du malade en train d'être examiné. Au chapitre des "expériences vécues", M. Leipciger discutera d'autres solutions pour ce genre d'application, plus tard aujourd'hui.

Changements métriques et nouveaux développements

Un autre changement auquel on fait face dans la conception d'éclairage concerne les appareils d'éclairage métrique et les appareils fluorescents. Cela ne présente aucun problème dans les nouveaux immeubles d'hôpital, puisqu'on spécifie un appareil à dimensions métriques à 300 x 1 200 millimètres et une lampe métrique de dimension nominale de 1 160 millimètres.

Transparence/Diapositive 23
Changements métriques et nouveaux développements

Notons que le tube de 1 160 millimètres représente encore une nouvelle dimension par rapport à la lampe internationale européenne qui, elle, mesure 1 050 millimètres.

Les panneaux métriques sont soit de 600 x 1 200 millimètres soit de 300 x 1 200 millimètres. Il s'agit ici des panneaux du système international s.i. qui remplacent le dispositif de 12 x 48 pouces est les panneaux de 2 pi x 4 pi ou 1 pi x 4 pi du système impérial. Il s'agit ici d'un module efficace, surtout parce que le module de cinq par cinq a été subdivisé en trois éléments de 20 pouces par 60 pouces, donnant ainsi trois positions qui permettent une rotation du dispositif dans la mesure où il peut être déplacé de 90 degrés. Le dispositif est passé à 14 x 48

pouces avec des éléments de remplissage, afin de rendre la dimension de 60 pouces soit déterminée à l'avance par la finition de l'élément soit ajoutée sur le chantier par les ouvriers de mise en place.

Lorsqu'on veut ajouter des éléments à des hôpitaux existants et qui ont un plafond en dimensions métriques, on utilise des éléments éclairants métriques/impériaux. La dimension de l'élément est métrique mais l'espacement des lampes correspond à celui pour les tubes impériaux, ce qui réduit le nombre de types différents de lampes que l'on doit stocker et évite toute confusion dans les établissements existants.

Les ballasts des éléments fluorescents sont eux aussi en train de changer, passant du type à bobine centrale vers le type électronique. Un suel ballast permet maintenant d'alimenter un élément à 2, 3 ou 4 lampes. Les ballasts électroniques utilisent des circuits transistorisés pour redresser en courant continu l'alimentation C.A. de 60 cycles, le convertissant ensuite en une onde sinusoïdale C.A. de 10 à 20 kilocycles/seconde. Grâce à l'augmentation de la fréquence, le rendement de la lampe est majoré de presque 12%. Cependant, on doit faire attention dans les hôpitaux pour éviter tout effet d'interférence avec le matériel électro-médical.

Le coût des ballasts électroniques est actuellement trois fois supérieur à celui du ballast standard et deux fois supérieur à celui du type à noyau efficace.

Autres développements en cours:

- La lampe à incandescence plus efficace, comportant un revêtement qui réfléchit la chaleur sur le filament, ce qui réduit la consommation d'énergie.

- Éclairage commandé par des capteurs qui détectent la présence humaine dans une chambre au moyen de la technique de l'infrarouge; recherche entreprise par Hydro-Ontario et Honeywell sur un interrupteur à fibres optiques.

En conclusion, j'aimerais souligner que les systèmes d'éclairage des immeubles deviennent de plus en plus complexes,

Transparence/Diapositive 24
"Tempête"

et le choix des sources et des commandes de plus en plus difficile.

SYMPOSIUM NATIONAL SUR LE DESIGN D'ÉCLAIRAGE

OTTAWA

LES 15 ET 16 MARS 1983

# NORMES ET CODES D'ÉCLAIRAGE POUR LES HÔPITAUX

Fig. 1

PRÉSENTÉ PAR

LAKIS ELLINAS, Ing.P., Ing.C., MIEE

INGÉNIEUR-CONSEIL SUPÉRIEUR

## HÔPITAUX AU CANADA

| PROVINCE OU TERRITOIRE | NOMBRE DE : | | | |
|---|---|---|---|---|
| | HÔPITAUX | | LITS | |
| | *TOTAL | PUBLICS** | EFFECTIFS | NOMINAUX |
| COLOMBIE-BRITANNIQUE | 151 | 132 | 22 698 | 22 626 |
| ALBERTA | 169 | 162 | 20 266 | 20 013 |
| SASKATCHEWAN | 144 | 141 | 8 603 | 8 582 |
| MANITOBA | 109 | 88 | 9 308 | 8 956 |
| ONTARIO | 328 | 286 | 63 383 | 64 140 |
| QUÉBEC | 249 | 196 | 48 695 | 50 689 |
| NOUVEAU-BRUNSWICK | 39 | 37 | 5 657 | 5 639 |
| NOUVELLE-ÉCOSSE | 52 | 51 | 6 180 | 5 972 |
| ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD | 12 | 12 | 981 | 980 |
| TERRE-NEUVE ET LABRADOR | 55 | 55 | 3 917 | 3 987 |
| YUKON ET TERRITOIRES DU NORD-OUEST | 52 | 3 | 543 | 541 |
| TOTAUX | 1 360 | 1 163 | 190 221 | 192 025 |

*REMARQUE - LE TOTAL DES HÔPITAUX COMPREND :
LES HÔPITAUX PUBLICS GÉNÉRAUX,
LES HÔPITAUX PUBLICS SPÉCIAUX,
LES HÔPITAUX PRIVÉS et
LES HÔPITAUX FÉDÉRAUX (MILITAIRES NON COMPRIS)

**REMARQUE - LES HÔPITAUX PUBLICS COMPRENNENT :
LES HÔPITAUX PUBLICS GÉNÉRAUX et
LES HÔPITAUX PUBLICS SPÉCIAUX

Fig. 2

RÉFÉRENCE : LE RÉPERTOIRE 1981 DES HÔPITAUX CANADIENS.

PROGRAMMES PROVINCIAUX D'ASSURANCE-MALADIE ET HOSPITALISATION

| PROVINCE | PROGRAMME D'ASSURANCE COMMENCÉ LE | | MÉTHODE DE FINANCEMENT DE L'ASSURANCE-MALADIE |
|---|---|---|---|
| | HOSPITALISATION | MALADIE | |
| Programme fédéral | 1er juillet 1958 | 1er juillet 1968 | - |
| Colombie-Britannique | 1er juillet 1958 | 1er juillet 1968 | Primes |
| Alberta | 1er juillet 1958 | 1er juillet 1969 | Primes |
| Saskatchewan | 1er juillet 1958 | 1er juillet 1968 | Revenus généraux |
| Manitoba | 1er juillet 1958 | 1er avril 1969 | Revenus généraux |
| Ontario | 1er janvier 1959 | 1er octobre 1969 | Primes |
| Québec | 1er janvier 1961 | 1er novembre 1970 | Taxes spéciales sur la feuille de paie |
| Nouveau-Brunswick | 1er juillet 1959 | 1er janvier 1971 | Revenus généraux |
| Nouvelle-Écosse | 1er janvier 1959 | 1er avril 1969 | Revenus généraux |
| Île-du-Prince-Édouard | 1er octobre 1959 | 1er décembre 1970 | Revenus généraux |
| Terre-Neuve | 1er juillet 1958 | 1er avril 1969 | Revenus généraux |
| Territoires du Yukon | 1er juillet 1960 | 1er avril 1972 | Primes |
| Territoires du Nord-Ouest | 1er avril 1960 | 1er avril 1971 | Revenus généraux |

Fig. 3

## CLASSIFICATION DES HÔPITAUX

1. SELON LE SERVICE FOURNI

   Généraux

   Spécialisés

   Mentaux

2. TYPES DE PROPRIÉTÉ

   Publics

   Privés

   Fédéraux

3. TYPES D'EXPLOITANTS

   Provinciaux

   Fédéraux

   Municipaux

   Religieux

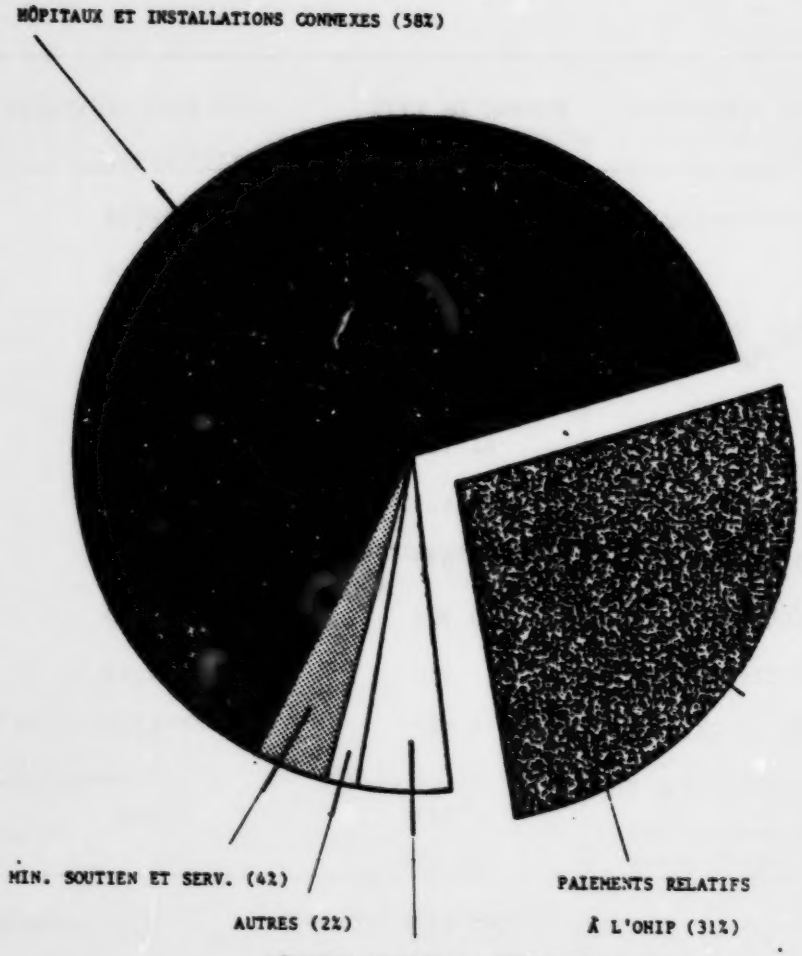
   Privés

   Croix-Rouge

Fig. 4

DÉPENSES 1980 - 1981

4,9 MILLIARDS




BUDGET ESTIMATIF POUR 1982 - 1983

SANTÉ

6,579 $ MILLIARDS

HÔPITAUX PUBLICS

3,2 $ MILLIARDS

Fig. 5

NOMBRE NOMINAL DE LITS

| PROVINCE OU TERRITOIRE | NOMBRE DE LITS | LITS/1000 HABITANTS |
|---|---|---|
| COLOMBIE-BRITANNIQUE | 22 626 | 8,59 |
| ALBERTA | 20 013 | 9,63 |
| SASKATCHEWAN | 8 582 | 8,86 |
| MANITOBA | 8 956 | 8,71 |
| ONTARIO | 64 140 | 7,48 |
| QUÉBEC | 50 689 | 8,04 |
| NOUVEAU-BRUNSWICK | 5 639 | 7,98 |
| NOUVELLE-ÉCOSSE | 5 972 | 7,00 |
| ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD | 980 | 7,89 |
| TERRE-NEUVE ET LABRADOR | 3 987 | 6,87 |
| YUKON ET TERRITOIRES DU NORD-OUEST | 541 | 8,4 |
| TOTAUX | 192 025 | 8,3 MOYENNE |

STATISTIQUE CANADA - ESTIMATIONS ANNUELLES DE LA POPULATION DES PROVINCES DU CANADA

Fig. 6

**FINANCEMENT DES PROJETS**

**D'INVESTISSEMENT**

**PAR LES PROVINCES**

| | |
|---|---|
| Territoires du Nord-Ouest | 100 % des coûts de construction en capital |
| Alberta | |
| Manitoba | |
| Hôpitaux pédagogiques de l'Ontario seulement | |
| Nouveau-Brunswick | |
| Île-du-Prince-Édouard | |
| Terre-Neuve (Directement aux entrepreneurs) | |

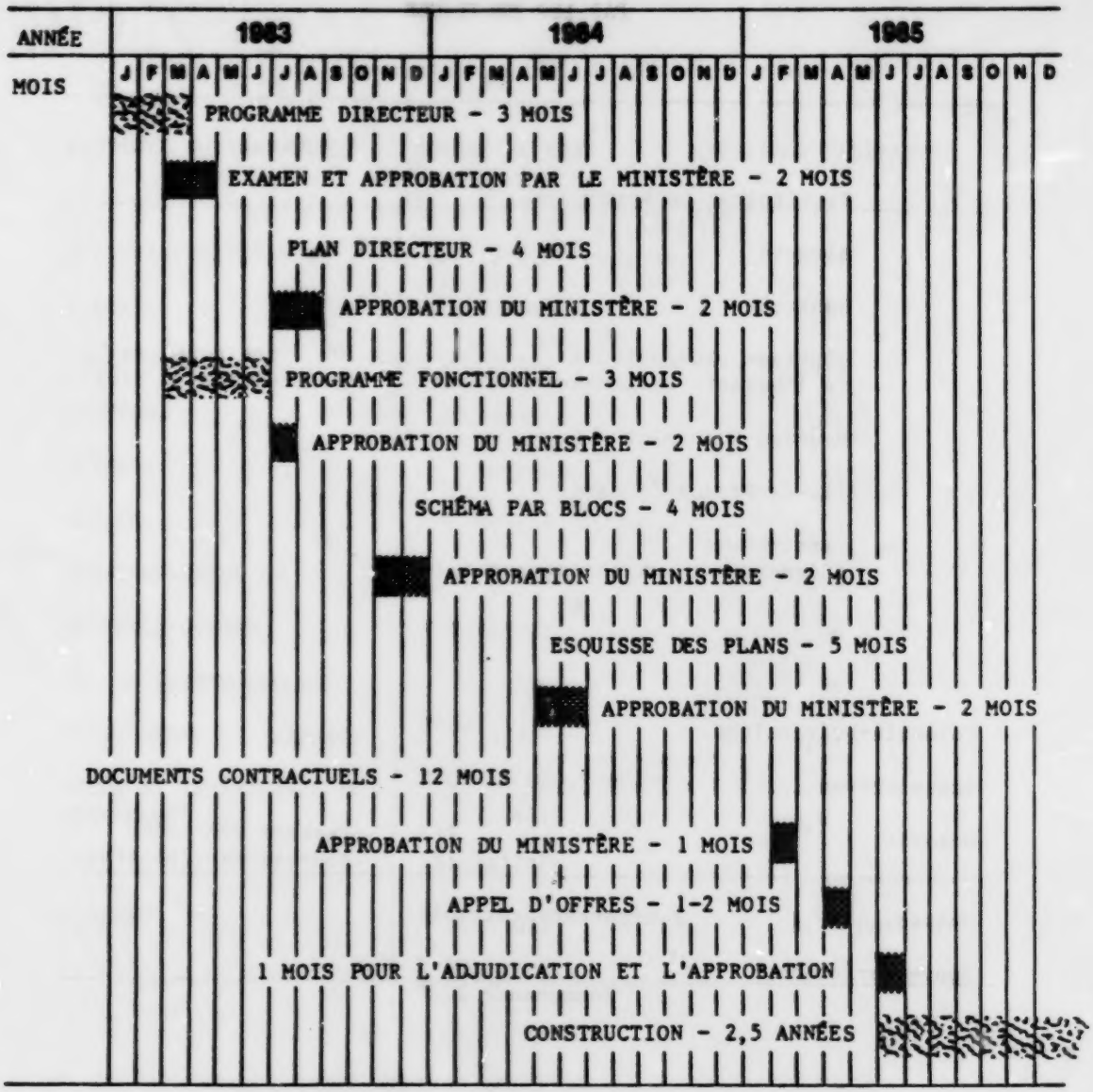
| | | |
|---|---|---|
| Colombie-Britannique | 60 % | Partage des coûts gouvernement/hôpitaux |
| Saskatchewan | 50 %, 60 %, 70 % | |
| Ontario | 2/3<br>Hôpital 1/3 | |
| Québec | Pourcentage variable | |
| Nouvelle-Écosse | 80 %<br>Communauté 20 % | |

Dans chaque province, le gouvernement doit

autoriser toute nouvelle construction.

Fig. 7

## ÉCHÉANCIER DE RÉALISATION D'UN NOUVEL ÉTABLISSEMENT DE 300 LITS




EXAMEN ET APPROBATION PAR LE MINISTÈRE

EXPERTS-CONSEILS (SANTÉ) ET HÔPITAL, ARCHITECTE ET HÔPITAL

Fig. 8

**CLASSIFICATION DES NOUVEAUX**

**PROJETS SELON LE COÛT**

FRAIS D'EXPLOITATION SEULEMENT

COÛT EN CAPITAL SEULEMENT

CAPITAL ET FRAIS D'EXPLOITATION

FINANCEMENT PAR L'HÔPITAL LUI-MÊME

PAS DE FRAIS D'EXPLOITATION SUPPLÉMENTAIRES

Fig. 9

## FLAMBÉE DES COÛTS

## DE LA CONSTRUCTION

| ANNÉE | COÛT/PIED CARRÉ | |
|---|---|---|
| | TOTAL | ELECTRIQUE |
| 1967 | $ 28.00 | $ 3.00 |
| 1968 | $ 31.00 | $ 4.00 |
| 1969 | $ 33.00 | $ 4.50 |
| 1970 | $ 36.00 | $ 5.00 |
| 1973 | $ 40.00 | $ 6.00 |
| 1978 | $ 56.00 | $ 8.00 |
| 1979 | $ 80.00 | $ 9.00 |
| 1980 | $ 85.00 | $ 9.50 |
| 1981 | $ 95.00 | $11.00 |
| 1982 | $110.00 | $12.00 |
| 1983 | $140.00 | $14.00 |

Fig. 10 Les coûts ci-dessus excluent:

- Le matériel mobile
- L'acquisition du terrain
- Frais d'organisation encourus par l'hôpital

RÉPARTITION MOYENNE DE LA CONSOMMATION

D'ÉLECTRICITÉ DANS UN HÔPITAL

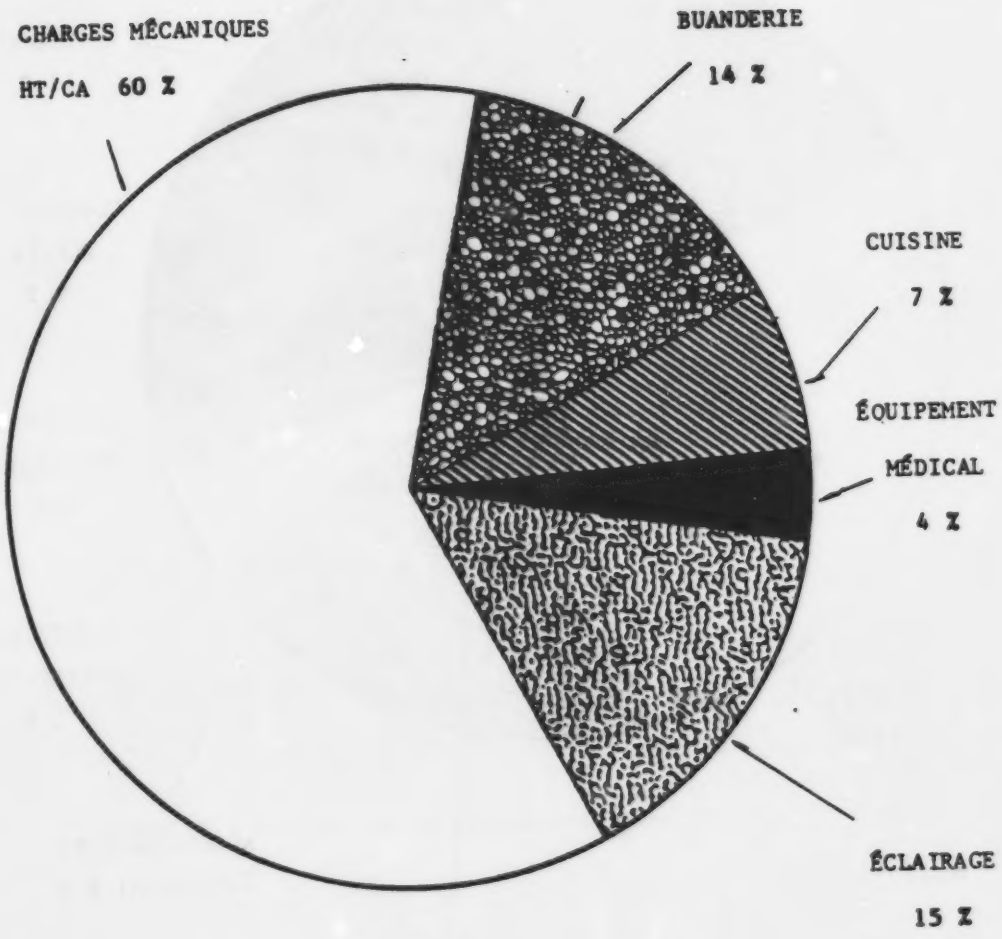



Figure 11 Répartition approximative en pourcentage des frais de construction

RÉPARTITION APPROXIMATIVE EN
POURCENTAGE DES FRAIS DE CONSTRUCTION

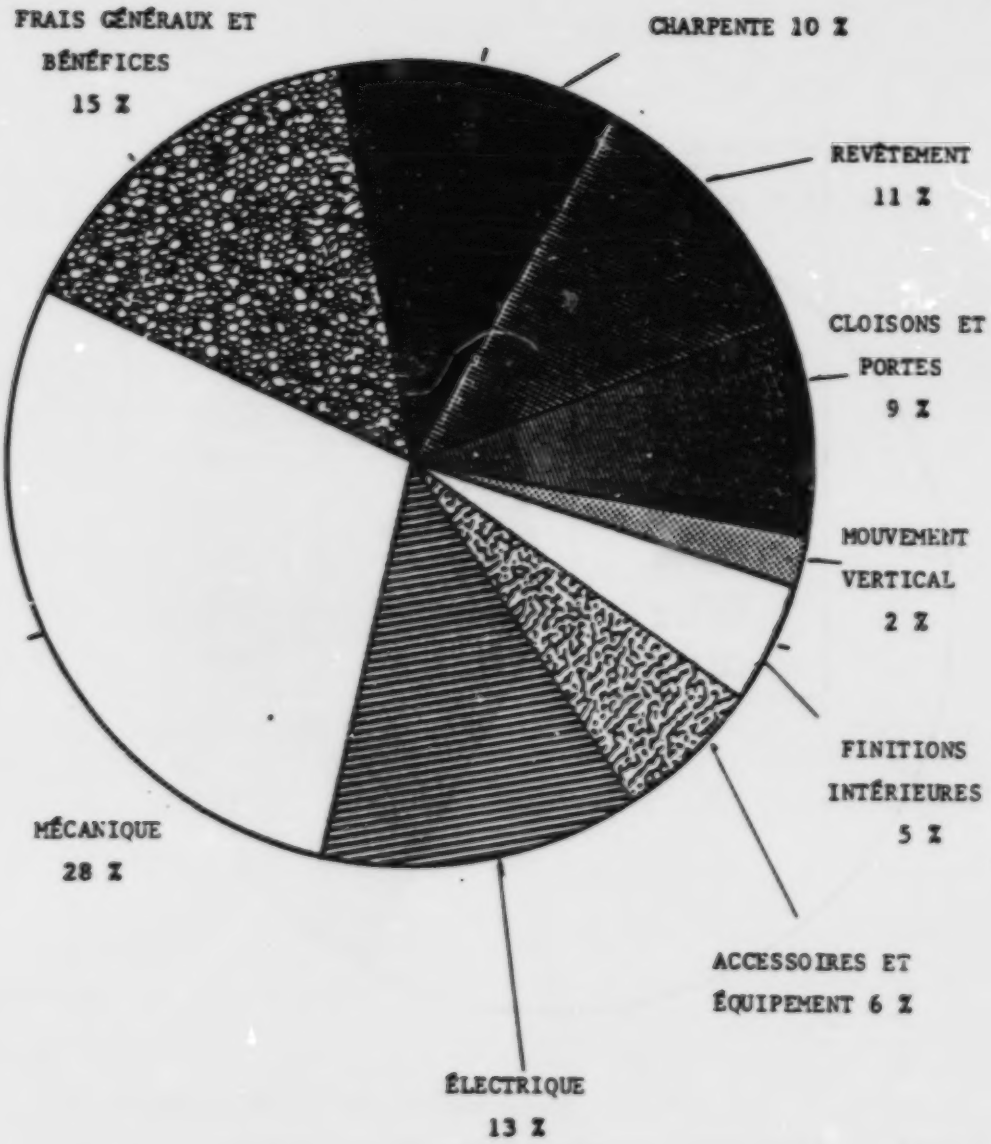



Figure 12 Répartition moyenne de la consommation d'électricité dans un hôpital

TABLEAU DES BESOINS

D'ÉNERGIE D'UN HÔPITAL

NOM ET ENDROIT DE L'HÔPITAL

NOMBRE NOMINAL DE LITS

SUPERFICIE UTILE - PIED CARRÉ

A - CHAUFFAGE OU COMBUSTIBLE : Gaz - Pieds cubes

Mazout - Nombre de gallons

B - EAU - Nombre de gallons

C - CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ - kW/h

COÛT TOTAL PAR PIED CARRÉ A + B +C

ÉLABORATION D'ÉTUDES POUR 123

HÔPITAUX PETITS, MOYENS ET GRANDS

1976-1977 13 ÉTUDES

1977-1978 53 ÉTUDES

1978-1979 22 ÉTUDES

1979-1980 13 ÉTUDES

1980-1981 22 ÉTUDES

Figure 13 Tableau des besoins d'énergie d'un hôpital

**CODES**

**NORMES**

**ET**

**GUIDES**

1. Code national du bâtiment du Canada

2. Codes provinciaux du bâtiment

3. Autres lois et règlements provinciaux

4. Niveaux recommandés par la Engineering Society of North America

5. Guide de conception sur les systèmes d'éclairage des hôpitaux, publié par le ministère ontarien de la Santé

Figure 14 Codes normes et guides

CODE NATIONAL DU BÂTIMENT DU CANADA

1980

COMITÉS PERMANENTS :

1. Calcul des structures

2. Services techniques

3. Comité mixte de liaison ACNOR/CNB sur le calcul des états-limites

4. Usage des bâtiments

5. Plomberie

6. Mesures de sécurité sur les chantiers de construction

7. Maisons et petits bâtiments

8. Normes de construction pour les handicapés

9. Normes pour les bâtiments de ferme

10. Comportement au feu des matériaux de construction

Figure 15 Code national du bâtiment du Canada 1980

TABLE DES MATIÈRES


| | | Page |
|---|---|---|
| Préface | | vii |
| Complémentarité du Code national du bâtiment et du Code national de prévention des incendies | | ix |
| Notes aux utilisateurs du Code | | xi |
| Composition des comités | | xv |
| Partie 1 | Domaine d'application et définitions | 1 |
| Partie 2 | Exigences générales | 15 |
| Partie 3 | Usage des bâtiments | 23 |
| Partie 4 | Règles de calcul | 145 |
| Partie 5 | Protection contre le vent, l'eau et la vapeur d'eau | 177 |
| Partie 6 | Chauffage, ventilation et conditionnement d'air | 183 |
| Partie 7 | Plomberie | 213 |
| Partie 8 | Mesures de sécurité sur les chantiers de construction | 217 |
| Partie 9 | Maisons et petits bâtiments | 225 |
| Annexe A | Explications au Code national du bâtiment 1980 | 421 |
| Annexe B | Valeurs anglaises équivalentes (texte) | 453 |
| Annexe C | Valeurs anglaises équivalentes (tableaux) | 473 |
| Index | | 569 |


Figure 16 Table des matières

**CODE NATIONAL DU BÂTIMENT DU CANADA**
**1980**

**SOUS-SECTION 3.2.8**
**ÉCLAIRAGE ET ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS**
**(Page 105)**

3.2.8.1.

(1) Les issues, corridors communs et corridors permettant au public l'accès à l'issue ou desservant des chambres de malades ou des salles de classe doivent être équipés d'appareils donnant un éclairage d'une intensité moyenne de 50 lx au moins, mesuré au niveau du plancher, dans les angles, les intersections et aux changements de niveau où il y a des escaliers ou des rampes.

(2) Les espaces et pièces à l'usage du public doivent être éclairés conformément à l'article 9.35.2.9.

3.2.8.3

(1) Il faut prévoir un éclairage de sécurité d'une intensité moyenne d'au moins 10 lx au niveau du plancher ou des marches d'escalier dans

(a) Les issues, les corridors à l'usage du public et les principales voies d'accès à l'issue d'une aire de plancher sans cloisons qui sont situés au-dessous du niveau moyen du sol ou dépourvus de fenêtre.

Figure 17 Code national du bâtiment du Canada 1980

TABLEAU 9.35.2.A

| ÉCLAIRAGE MINIMAL DES ESPACES COLLECTIFS | | |
|---|---|---|
| PIÈCE OU ESPACE | LUX | $W/m^2$ DE SURFACE DE PLANCHER (ÉCLAIRAGE INCANDESCENT) |
| Local de rangement | 50 | 5 |
| Local technique et buanderie | 200 | 20 |
| Garages | 50 | 5 |
| Toilettes communes | 100 | 10 |
| Escaliers communs et corridors communs | 50 | - |
| Corridors et escaliers de service | 50 | - |
| Salles de jeux | 100 | 10 |

9.35.2.9 (Page 376)

Il faut prévoir dans tout espace collectif ou espace réservé à l'entretien des bâtiments une sortie électrique avec luminaires commandée par un interrupteur ou un panneau mural et destinée à l'éclairer en totalité. S'il est fait usage de lampes à incandescence, l'éclairage doit être conforme au tableau 9.35.2.A. Dans les autres cas, il faut prévoir un éclairage équivalent à celui qui est exigé au tableau 9.35.2.A.

Figure 18 Code National du bâtiment du Canada 1980

CHARTE D'ESTIMATION
PRÉSENTANT LES W/FT$^2$ EN FONCTION DU NIVEAU D'ÉCLAIRAGE

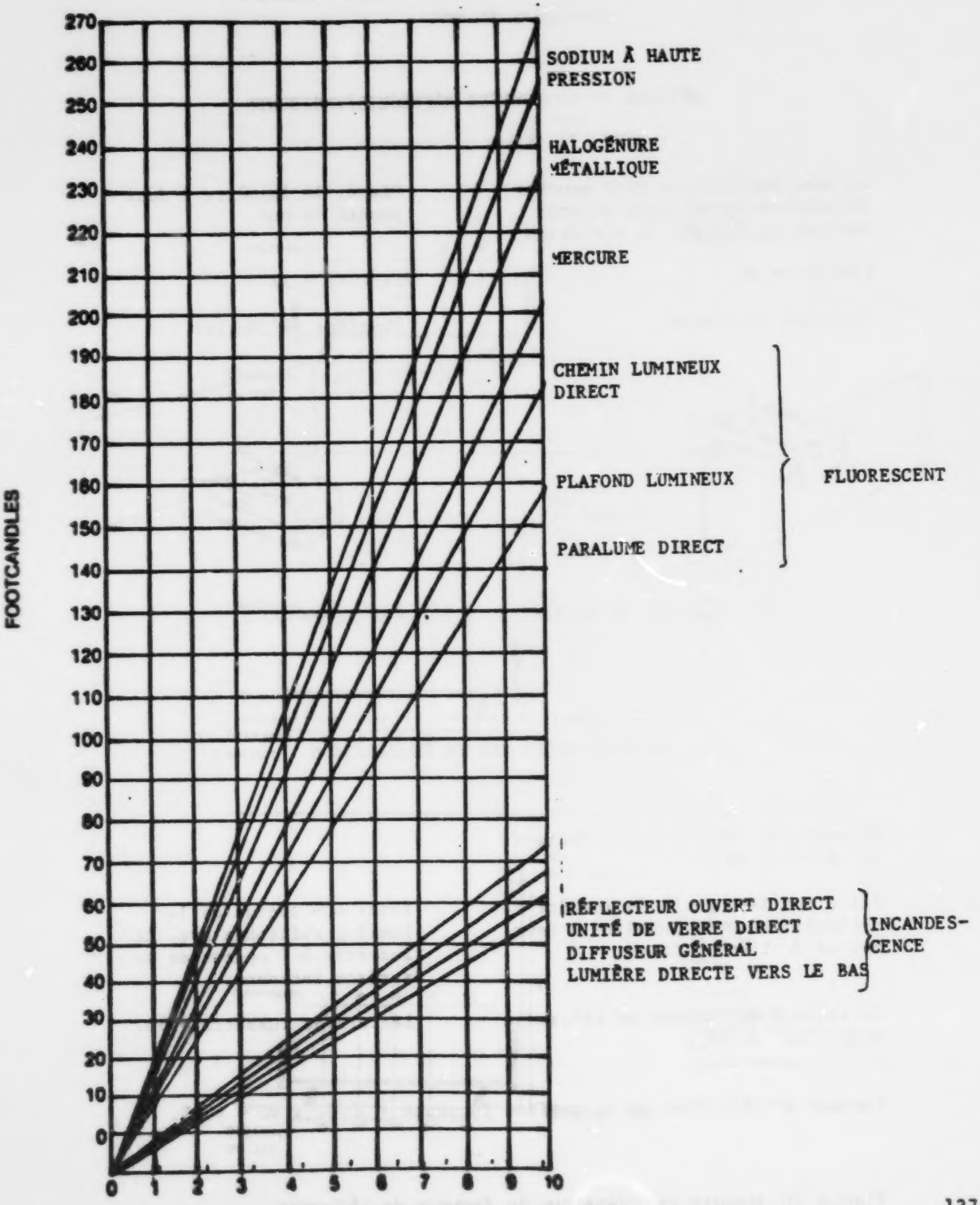



Fig. 19 CHARGE D'ÉCLAIRAGE EN WATTS/PIED CARRÉ.

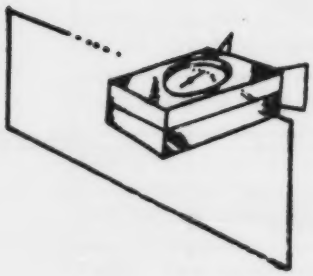
## MESURE APROXIMATIVE DU FACTEUR DE RÉFLEXION

### MÉTHODE DE LA LUMIÈRE RÉFLÉCHIE/INCIDENTE

La base du luxmètre doit toucher la surface du mur dont on veut mesurer le facteur de réflexion

Lecture = 40

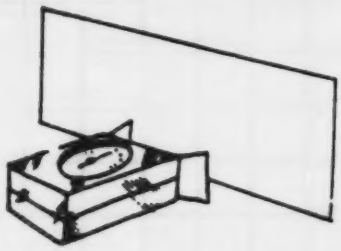
(Lumière incidente)



Placer le luxmètre à deux pouces du mur

Lecture = 32

(Lumière réfléchie)



Facteur de réflexion = 32/40 x 100 = 80 %

### METHODE BASÉE SUR LA COMPARAISON

Échantillon connu avec un facteur de réfexion de 90 %

Faire une lecture de la lumière réfléchie avec le luxmètre à deux pouces de l'échantillon.

La lecture du facteur de réflexion à 90 % est de 60.

Faire une lectue de la lumière réfléchie avec le luxmètre à 2 pouces de la surface inconnue.

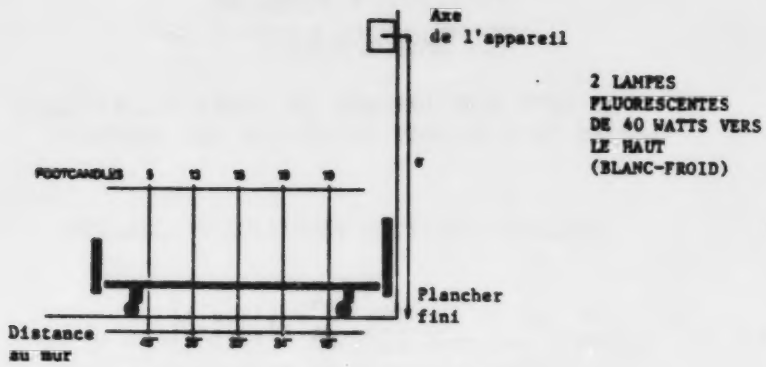
Lecture du luxmètre = 30.

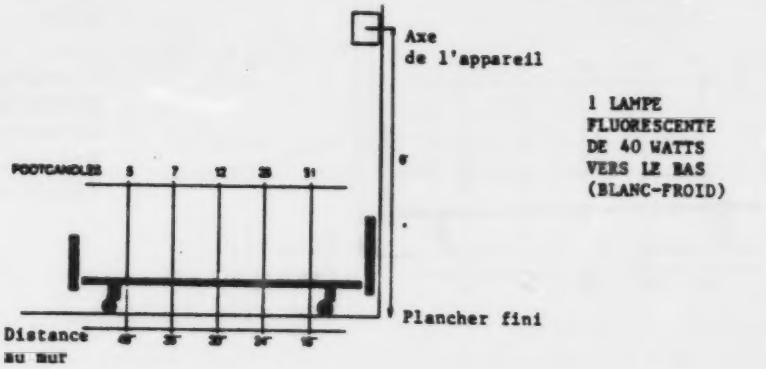
Facteur de réflexion de la surface inconnue = 30/60 x 90 = 45 %.

Figure 20 Mesure aproximative du facteur de réflexion

LAMPE DE LIT D'HÔPITAL

INTENSITÉS D'ÉCLAIREMENT



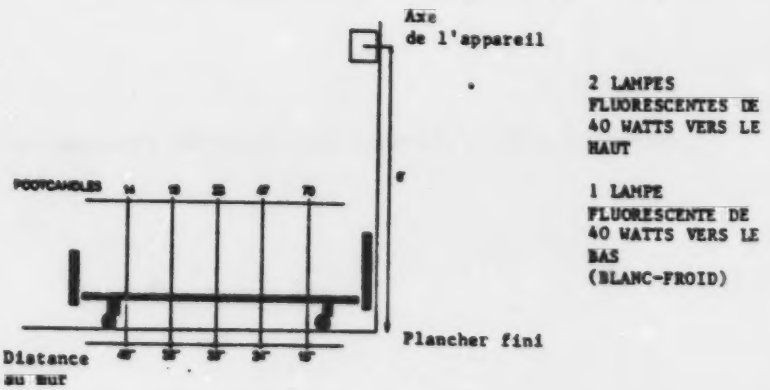




Fig. 21

**LAMPE DE LIT D'HÔPITAL**

**MODE D'EXAMEN**

**APPAREIL LEVÉ POUR EXPOSER LES TUBES FLUORESCENTS (LAMPES VERS LE HAUT ET VERS LE BAS ALLUMÉES)**

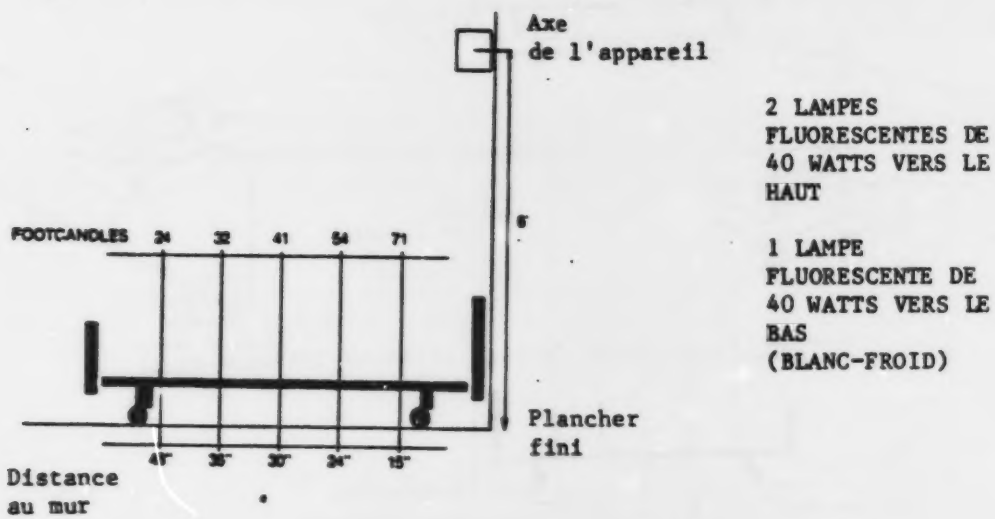



Figure 22 Lampe de lit d'hôpital - Mode d'examen

**CHANGEMENTS MÉTRIQUES**
**ET NOUVEAUX DÉVELOPPEMENTS**

APPAREIL D'ÉCLAIRAGE MÉTRIQUE FLEXIBLE

Il utilise un tube de 48 pouces; c'est un appareil impérial dont les chiffres ont été convertis en système métrique.

MÉTRIQUE/IMPÉRIAL

La dimension de l'appareil est métrique. Les tubes sont dans le système impérial.

APPAREILS MÉTRIQUES

Les dimensions des appareils sont métriques et ils n'acceptent que la lampe de type métrique longue de 1160 mm F40 CW ou WW.

Figure 23 Changements métriques et nouveaux développements

Figure 24 Shakespeare, La Tempête

# LA GESTION DE L'ÉNERGIE DANS L'ÉCLAIRAGE DES HÔPITAUX

**A. Levy, Ph.D.,**
**Directeur de la mise au point et de la commercialisation,**
**Engineering Interface Ltd., Willowdale**

## Introduction

Cet exposé présente:

- le contexte dans lequel se déroule un projet de gestion de l'énergie utilisée pour l'éclairage
- le processus de gestion de l'énergie
- un exemple de ce processus
- un exemple montrant l'ampleur des économies que l'on peut réaliser

## Gestion de l'énergie dans les hôpitaux

En règle générale, les frais d'électricité et de mazout dans les hôpitaux varient de 2 à 5% du budget d'exploitation total.

Les frais totaux d'énergie varient de 1$ par pied carré à 4$ par pied carré. Les frais d'énergie sont donc considérables et ils sont appelés à rester substantiels même si les prix du pétrole cessent de grimper au rythme effréné de ces quelques dernières années.

La gestion de l'énergie est fondée sur l'efficacité: production efficace, transmission efficace et utilisation efficace. Voir la figure 1.

Cependant, avant d'essayer d'augmenter l'efficacité, le directeur d'un hôpital doit savoir combien d'énergie on consomme actuellement et où cette consommation a lieu. Il faut donc une "vérification comptable" de l'énergie. En elle-même, une telle vérification ne suffit pas; elle doit être accompagnée d'une certaine analyse permettant de savoir quel système technique du bâtiment n'est pas exploité aussi efficacement que possible et de manière économique.

La plupart des hôpitaux consomment la moitié environ de leur énergie pour le chauffage, la ventilation et la climatisation. Les buanderies et l'éclairage consomment 10 à 20% supplémentaires chacun, le restant étant réparti parmi les services d'alimentation, les stérilisateurs, les incinérateurs et l'équipement médical.

Nous ne recommandons pas qu'on s'embarque dans un programme de gestion de l'énergie d'éclairage sans tenir compte des autres services techniques de l'immeuble.

On recommande:

- que l'éclairage soit considéré comme faisant partie intégrante d'un programme de gestion de l'énergie, avec fixation d'un objectif en ce qui concerne l'énergie (c'est-à-dire un budget énergétique).
- que l'on fixe des priorités.
- que l'on mette sur pied un système adéquat de surveillance de l'énergie.

Le processus de gestion de l'énergie

Le processus de gestion de l'énergie comporte trois phases essentielles (voir la figure 2):

- Vérification et analyse
- Plan d'action
- Surveillance et révision

La vérification et l'analyse fournissent:

- une description des façons dont l'immeuble utilise l'énergie
- la quantité d'énergie utilisée par chaque service technique de l'immeuble
- un objectif énergétique; non seulement pour l'hôpital dans son ensemble, mais également pour chaque système majeur consommateur d'énergie
- l'ordre de grandeur des économies potentielles
- un plan pour réaliser ces économies, y compris l'échéancier des mesures de gestion de l'énergie ainsi que leurs modes de réalisation.

C'est au cours de la phase d'action que l'on applique les ressources humaines et financières de manière systématique pour économiser sur les frais d'énergie.

Le phase de surveillance vérifie la performance de la phase d'action par rapport à la consommation d'énergie antérieure et à l'objectif prévu.

Les objectifs en matière d'énergie ne sont pas chose nouvelle pour les ingénieurs et experts-conseils dans le domaine énergétique. Le problème dans le passé était que ces méthodes entraînaient des frais élevés et des résultats peu réalistes suite à l'utilisation excessive de programmes de simulation informatique.

Au cours de la dernière décennie, tant dans le gouvernement que dans le secteur privé on collectait des données sur la consommation d'énergie, en ce qui concerne les succès en matière de conservation ainsi que le gaspillage. Ces données peuvent être entreposées et manipulées dans des bases de données sur l'utilisation d'énergie. Ces bases de données permettent l'adoption de nouveaux procédés de fixation d'objectifs en matière de consommation d'énergie, objectifs réalistes puiqu'ils utilisent des données réelles recueillis dans des immeubles réels.

Au cours des années 1980, la gestion de l'énergie visera de plus en plus à établir des objectifs de consommation. Auparavant, beaucoup de programmes étaient mal justifiés et exécutés parce qu'ils étaient basés sur des réductions exprimées en pourcentage, à la fois vagues et sans fondement. Dans le cadre de tels projets, l'intérêt des participants diminue parce que les économies exprimées en pourcentage diminuent chaque année tandis que les objectifs ne cessent de se rapprocher et doivent être respectés.

## Étude de cas - Le processus et les économies réalisées

En novembre 1982, Santé et Bien-être social Canada a choisi 22 hôpitaux similaires en Saskatchewan, Manitoba, Ontario, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Terre-Neuve et Île-du-Prince-Édouard pour envoyer des représentants à un excellent atelier de deux jours à Toronto.

Cet atelier de travail était inédit en ce que:

- lors de l'arrivée des participants à l'atelier, chaque hôpital recevait un relevé énergétique de ses propres installations ainsi qu'un relevé collectif comparant tous les 22 hôpitaux

- chaque hôpital était représenté par un cadre administratif et un ingénieur de l'hôpital

- des objectif en matière de consommation d'énergie étaient établis par les hôpitaux eux-mêmes

- l'hôpital prennait un engagement envers un plan d'action

- les potentiels d'économie financière étaient précisés en présence des deux représentants (l'administrateur et l'ingénieur) qui sont essentiels pour que la réalisation d'un programme de gestion de l'énergie soit couronnée de succès.

Au bout des deux jours, les hôpitaux qui, au total avaient une consommation d'énergie annuelle de 1 600 000 ekWh/pied carré/en avaient déterminé des économies annuelles potentielles d'énergie de 16% soit de 254 000 ekWh/pied carré.

Le coût effectif de l'énergie était de 8 400 000$, les économies potentielles étant de 18%, soit de 1 500 000$.

Les économies de un million et demi de dollars se répartissaient comme suit:

- 44% de la consommation de mazout qui ne correspondait pas aux variations saisonnières du temps, c'est-à-dire les chauffe-eau à des fins domestiques, cuisines, etc.

- 31% de la demande et de la consommation électrique, c'est-à-dire l'éclairage et les ventilateurs.

- 25% de l'utilisation de mazout en fonction des conditions météorologiques, par exemple dans le cas de la performance du chauffage et de l'enveloppe de l'immeuble.

L'éclairage et les ventilateurs représentent un domaine permettant des économies importantes. Les "remèdes" les plus courants contre le gaspillage de l'énergie, tels que l'isolation et le double vitrage, contribuent au chiffre réduit de 25%.

La conclusion à tirer est évidente.

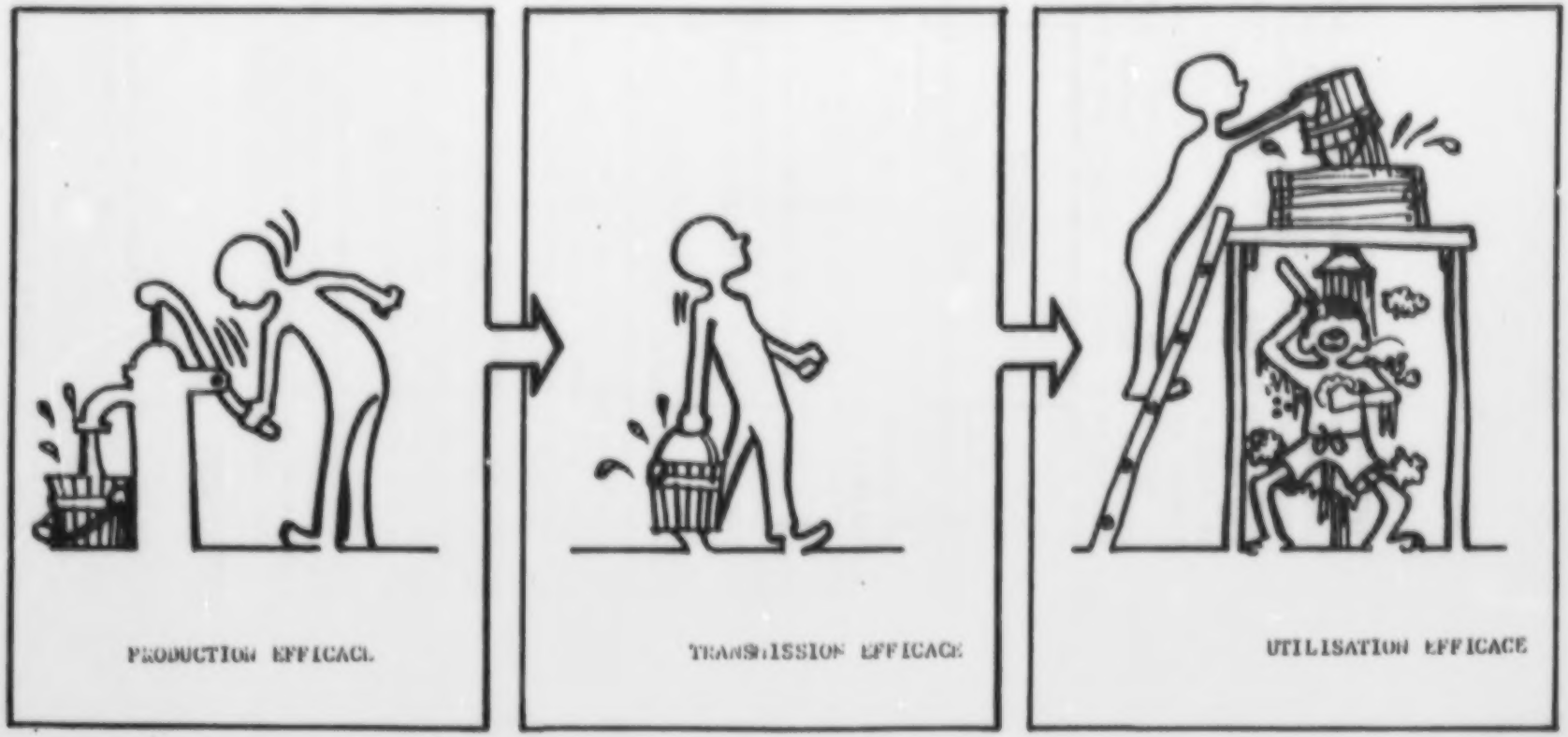
Vérifiez d'abord votre situation précise.

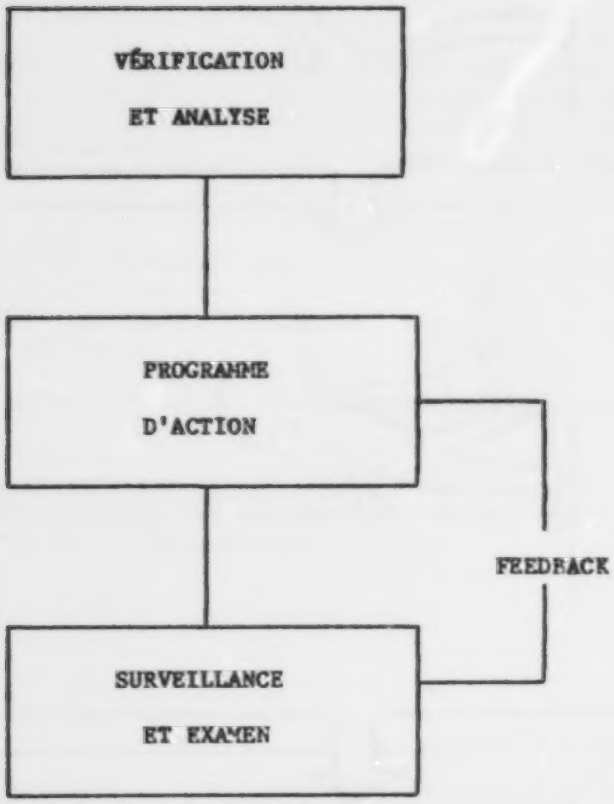
Comprenez bien les raisons pourquoi l'énergie est consommée dans les quantités que vous avez relevées.

N'oubliez jamais que l'objectif premier de l'établissement est le soin des malades.

Prenez des mesures systématiques pour réduire le gaspillage et économiser de l'argent, en surveillant et en examinant chaque mesure de modification conceptionnelle ou de rétro-installation.

Figure 1 Principes de Gestion de l'énergie




VÉRIFICATION
ET ANALYSE
PROGRAMME
D'ACTION
FEEDBACK
SURVEILLANCE
ET EXAMEN

# SOINS INFIRMIERS ET ÉCLAIRAGE

M. Daechsel,
**Infirmière enregistrée**

## Introduction

Je suis enchantée de pouvoir vous présenter le point de vue d'une infirmière en ce qui concerne les succès et les lacunes de l'éclairage dans les hôpitaux. J'espère que cela saura être utile à ceux d'entre vous qui veulent assurer un éclairage hospitalier adéquat.

Ma propre spécialisation est dans le domaine des soins directs au malade en ce qui concerne les interventions chirurgicales et l'obstétrique. Mes remarques sont fondées sur ma propre expérience et sur celles d'autres infirmières ayant travaillé directement avec les malades dans d'autres sections de l'hôpital.

Au cours des quelque trente années écoulées depuis mes débuts d'infirmière, j'ai assisté à une évolution dramatique en ce qui a trait à l'éclairage prévu dans les hôpitaux. Des couloirs et escaliers mal éclairés d'antan, nous sommes passés à l'intense éblouissement des lampes fluorescentes qui éclairent aujourd'hui toutes les aires de l'hôpital.

En tant qu'infirmière, notre souci premier est d'assurer de bons soins aux patients. Or, il nous est impossible d'y parvenir si nous ne disposons pas d'un éclairage adéquat.

Mes constatations se subdivisent en deux catégories:
- Points forts
- Lacunes

Dans la conclusion, j'ai énuméré plusieurs recommandations.

## Points forts

1. Sur la liste des points forts ou des succès, vient en premier l'utilisation de la lumière naturelle qui incide par les fenêtres dans les chambres des malades. Les fenêtres libèrent tant les malades que le personnel de leur confinement. Même par un jour nuageux, l'usage de lumière artificielle ne s'impose pas. Cette utilisation de la lumière naturelle se fait dans toutes les chambres des malades à l'hôpital général d'Ottawa. Elle revêt une très grande importance pour le bien-être psychologique du malade. Lorsque les malades sont immobilisés au lit pendant des jours et même des semaines, cela leur permet quand même d'avoir un contact visuel valable avec le monde extérieur et permet d'éviter que leur sens du temps se détraque.

2. Lorsqu'il est impossible d'admettre de la lumière naturelle au moyen de fenêtres, les verrières peuvent être fort efficaces. Une infirmière à qui j'ai eu l'occasion de parler avait travaillé dans une section de soins intensifs qui n'avait pas de fenêtres mais où il se trouvait une verrière au centre de la pièce. Cette infirmière rayonnait d'enthousiasme lorsqu'elle en parlait. D'après elle, les patients et le personnel se réjouissaient de la verrière, le jour ou la nuit, tout au long de l'année. Cette conception au moyen de verrières était celle de l'hôpital Concordia à Winnipeg.

   Le mouvement des malades dans une section de soins intensifs est souvent restreint par les moniteurs et les appareils intraveineux. Grâce à une verrière, ils ont l'impression d'être en contact avec l'extérieur et ne perdent pas leur sens du jour ou de la nuit, problème très courant dans les pièces dépourvues de fenêtres. Un tel contact a un effet psychologique énorme sur les patients, et fait un apport important à leur rétablissement.

3. Troisième succès: l'utilisation de lampes flexibles, comme les lampes à col de cygne que l'on peut utiliser au chevet du malade. L'infirmière peut régler cette lampe de manière à obtenir un éclairage adéquat pour s'occuper du malade sans trop déranger les autres malades dans la pièce.

4. Quatrième succès: un bon éclairage de l'aire de travail de l'infirmière. Par exemple, une lampe placée directement au-dessus de l'armoire à médicaments, où un bon éclairage est essentiel. Le bureau où sont élaborées les chartes exige lui aussi un tel éclairage. À l'hôpital général d'Ottawa, des lampes encastrées assurent un tel éclairage sans éblouissements.

   Un évier dans la chambre du malade, avec une lampe placée directement au-dessus de l'évier, est utile à la fois pour le malade et pour les infirmières.

5. Toujours parmi les succès, on compte l'éclairage des aires publiques de l'hôpital, particulièrement de la cafétéria, où les visiteurs, le personnel et les malades ambulatoires viennent se relaxer. En effet, la cafétéria du nouvel hôpital général d'Ottawa offre une atmosphère très relaxante. Ceci est dû en grande partie aux deux murs de fenêtres qui lui donnent une atmosphère lumineuse et aérée au courant de la journée. La nuit, elle est encore relaxante et éclairée de manière confortable, des rangées de lampes encastrées au plafond donnant une lumière amplement suffisante et sans réverbération.

Lacunes

La raison d'être de nombreuses lacunes d'éclairage dans les hôpitaux est l'utilisation inadéquate des lampes à haute densité. La pratique récente d'utiliser des lampes fluorescentes crée souvent une réverbération

réfléchie par les tissus blancs et les murs peints en couleurs claires. Le problème de la réflexion de la lumière sur les draps de lit blancs a été constaté déjà il y a trente ans; les salles d'opération ont alors changé tous leurs draps, les blouses des médecins, les draperies, les couvertures des tables, etc. pour adopter le vert foncé ou le bleu afin de réduire la réverbération dans le champ d'opération.

1. Lampes fluorescentes

La pratique d'installer des lampes fluorescentes directes sur le mur au-dessus du lit du malade assure un bon éclairage permettant au malade de faire des lectures et à l'infirmière de s'occuper du malade. Cependant, lorsqu'une infirmière ou un médecin doit s'occuper d'un malade dans une pièce où se trouvent d'autres malades aussi, la lumière au-dessus de ce malade-là dérange, à cause de la lumière réfléchie dans l'ensemble de la pièce, les autres malades qui sont en train de dormir. Lorsque l'état du malade exige une chambre obscurcie, des infirmières placent parfois des morceaux de plastique vert sur les lampes. Bien qu'ils réduisent la lumière, ces morceaux de plastique présentent un risque d'incendie. On s'en sert uniquement parce qu'ils permettent à l'infirmière d'avoir suffisamment de lumière pour sa tâche sans déranger le malade. Réglées sur le minimum, les lampes fluorescentes commandées par des rhéostats donnent une lumière fantomatique qui ne suffit pas pour les soins infirmiers que l'on doit prodiguer aux malades.

Les alcôves d'infirmières que l'on retrouve souvent dans certaines conceptions d'hôpitaux, sont souvent éclairées par des lampes fluorescentes au plafond, pour les tâches d'infirmerie. Ces alcôves mènent généralement directement aux chambres des malades. La nuit, lorsqu'on ouvre la porte du malade, la lumière y pénètre brusquement et dérange le malade endormi. De plus, l'infirmière doit laisser s'écouler un certain temps afin que ses yeux s'habituent à la pièce obscurcie lorsqu'elle passe de l'alcôve fortement éclairée dans la pièce sombre.

Dans un certain cas, les infirmières de la pouponnière ont constaté que les lampes fluorescentes de leur section, bien qu'adéquates, donnaient aux bébés une teinte bleuâtre. Il s'agit ici d'un détail très important parce que les infirmières surveillent les bébés de près pour détecter tout changement de coloration. Ceci créait un tel problème que, pendant la journée, les infirmières devaient souvent amener les bébés près de la fenêtres pour bien vérifier leur coloration.

Les infirmières se plaignaient également que l'éclairage leur donnait des maux de tête. Les ampoules fluorescentes ordinaires ont été remplacées par des ampoules "lumière du jour" et leur capacité à évaluer correctement la coloration des bébés s'est trouvée nettement améliorée. De plus, les infirmières ne se plaignaient plus de maux de tête.

À la section d'urgence, les infirmières à qui j'ai eu l'occasion de parler se plaignaient des maux de tête qu'elles ont lorsqu'elles travaillent dans un poste d'infirmières entièrement éclairé par des lampes fluorescentes. Elles affirment que les lumières sont trop fortes; il y a probablement trop de réverbération réfléchie par le plafond, les murs, le plancher et le bureau dont les couleurs sont claires.

Dans les salles de trauma, où les malades sont admis pour soins d'urgence, les petites pièces sont éclairées par quatre lampes fluorescentes montées au plafond. Grâce à un commutateur de commande, on peut utiliser simultanément deux lampes fluorescentes. Même avec la quantité minime de lumière que donnent ces deux lampes fluorescentes, la lumière est souvent encore trop forte pour les malades admis avec des migraines sévères. Ces patients-là ainsi que d'autres patients très malades trouvent les lumières fortes au plafond très irritantes.

L'aire d'attente de la salle d'opération, mesurant 18 pieds par 22 pieds, est dotée de neuf lampes fluorescentes au plafond. Il s'agit ici de la pièce où l'on amène les patients avant de les acheminer à la salle d'opération où aura lieu l'intervention chirurgicale. Ces patients ont généralement reçu au préalable une sédation pré-opératoire afin de les aider à se relaxer dans cette situation fort stressante. Le patient a tendance à la somnolence à cause des médicaments; il est plus relaxé dans une pièce à peine éclairée. Le personnel peut fonctionner sans problème avec une seule lampe fluorescente située au-dessus du chambranle, et non pas directement dans la région du malade.

Dans les salles d'opération, les infirmières se préoccupent surtout de l'utilisation des lumières à haute intensité. En effet, la vaste quantité de chaleur générée par ces lampes crée un problème, tandis que leur poids rend difficile leur réglage en vue de la focalisation sur le champ opératoire.

## 2. Chambres sans fenêtres

Il y a des aires où des chambres sans fenêtres sont nécessaires ou acceptables, par exemple les salles d'opération. Le dessin qui figure en haut du programme d'inscription à l'avance qui vous a été diffusé, représente un excellent exemple quant aux problèmes que l'on risque de rencontrer dans les chambres sans fenêtre. Le contraste entre la qualité potentielle de la lumière reçue par le malade dans un lit éclairé par une fenêtre, et celle du malade dont la lumière provient d'une lampe au plafond souligne davantage l'importance du problème des chambres sans fenêtre.

Nous avons constaté que les malades immobilisés au lit dans une chambre sans fenêtres deviennent déprimés et s'ennuient à toujours regarder le même tableau au mur. Leur seul amusement est l'activité du personnel médical et l'arrivée de leurs visiteurs. Dans la mesure du possible, nous transférons le patient sur un brancard et nous le déplaçons dans un corridor avec des fenêtres, pendant une courte période, par exemple pour déjeuner ou tout juste pour prendre le thé. Les malades apprécient beaucoup cette interruption, même s'ils ne font que regarder l'activité du stationnement automobile au dessous.

Les infirmières de la salle de convalescence qui travaillent dans une aire sans fenêtres entièrement éclairée par des lampes fluorescentes se plaignent que même le personnel a l'air pâle. Or, il s'agit ici d'un aspect important dans un aire où l'on surveille les patients de près pour noter tout changement de coloration. Le personnel se plaignait également de maux de tête. Des infirmières qui ont connu des conditions de travail diverses, signalent qu'une pièce recevant de la lumière naturelle par les fenêtres, complétée par de la lumière artificielle, représentait une solution beaucoup plus satisfaisante.

Les infirmières qui travaillent dans des bureaux dépourvus de fenêtre et entièrement éclairés par des lampes fluorescentes se plaignent de l'irritation oculaire que cela leur cause.

3. Prévision de la lampe-veilleuse dans les chambres des malades

La conception inadéquate de la veilleuse nous a causé des problèmes. Récemment encore, une malade dont l'état exigeait une chambre obscurcie était soignée dans une pièce où le seul éclairage était une veilleuse. Cette lampe, située au-dessus du lit du malade, était en réalité insuffisante pour l'exécution des travaux d'infirmerie. Malgré la faiblesse de la lumière, elle incidait directement sur son visage, ce qui la dérangeait suffisamment pour qu'elle se serve d'un coussin pour protéger ses yeux contre la lumière. Une fois que nous avons installé une lampe portative à col de cygne avec une ampoule de cent (100) watts, dirigeant la lumière vers le plancher aussi loin de la malade que possible, elle s'est sentie bien mieux et nous avons obtenu une lumière suffisante pour exécuter les travaux infirmiers.

4. Localisation des prises et commutateurs électriques
(Aide visuelle #1)

En tant qu'infirmières, nous aimerions que l'on place les commutateurs à des endroits plus appropriés. Dans les salles où l'on admet le malade par une porte tandis que les infirmières empruntent une porte située de l'autre côté de la pièce, le malade est abandonné dans l'obscurité pendant que l'infirmière traverse la pièce pour allumer la lumière. L'accueil que reçoit le malade est donc nettement insatisfaisant. La première illustration montre trois commutateurs: un commutateur pour la lampe

au-dessus du lit du malade, un commutateur pour une petite veilleuse. Cette veilleuse risque de ne pas s'allumer parce qu'on l'a mise hors-tension au moyen du commutateur situé de l'autre côté de la pièce. Aussi, quelqu'un peut l'avoir éteinte au moyen du commutateur incorporé à la lampe elle-même. Pour le confort du malade, la lampe au-dessus de son lit est commandée au moyen d'un cordon.

Dans les salles opératoires, les commutateurs qui commandent le niveau d'éclairage de chaque pièce se trouvent au mur, au pied du lit ou du brancard du malade. Cela signifie que l'infirmière doit s'éloigner du malade afin de baisser le niveau d'éclairage. Je réexaminerai ce sujet au chapitre des recommandations.

(Aide visuelle #2)

Le meilleur emplacement pour les prises de courant est une position murale, à la hauteur de travail, à côté de la tête du lit. Dans quelques-unes de nos salles de travail*, toutes les prises de courant ont été déplacées vers le mur, à la tête du lit. C'est un endroit qui convient au matériel comme les moniteurs, les pompes intraveineuses, etc. Ces prises étaient, à l'origine placées près du plancher, derrière la tête du lit. Elles étaient donc d'un usage difficile et susceptible d'être endommagées lorsqu'on déplaçait le lit afin de transférer la personne sur un brancard.

Il devrait y avoir des prises supplémentaires au mur, au pied du lit. Souvent, il nous faut une prise pour y brancher un incubateur ou une lampe auxiliaire pour l'éclairage direct. Les cordons pour ces appareils supplémentaires doivent actuellement traverser toute la pièce jusqu'aux prises prévues à la tête du lit, ce qui n'est pas seulement gênant mais également un danger potentiel car les gens risquent de trébucher sur les fils électriques.

(Aide visuelle #3)

L'emplacement des interrupteurs muraux dans les salles d'accouchement revêt une très grande importance. Dans les salles d'accouchement où le personnel et le patient entrent par la même porte, ceci n'est pas un problème parce que les interrupteurs se trouvent toujours sur le mur juste à l'intérieur de la porte. Le problème se produit lorsque la salle d'accouchement a deux portes, l'une reliant la salle à un corridor périphérique et admettant le patient, et l'autre venant directement d'un couloir stérile et admettant le personnel. Les interrupteurs se trouvent au mur à côté de la porte venant du corridor stérile.

Dans la section d'obstétrique, lorsqu'une patiente va dans la salle d'accouchement, elle est toujours accompagnée d'une infirmière. Elle entre par la porte donnant sur le couloir périphérique. La pièce est obscurcie, à l'exception peut-être de la lumière donnant de la fenêtre

* 12 pi x 14 pi

située dans l'alcôve de l'évier de stérilisation à côté du couloir stérile. L'infirmière doit abandonner la patiente pour traverser la pièce afin d'allumer la lumière. Même s'il ne s'agit que de quelques instants, la patiente risque d'éprouver des sentiments d'insécurité au moment même où elle a le plus besoin du soutien de l'infirmière. On peut remédier à cette situation en installant des interrupteurs sur les deux murs.

Recommandations

1. Lumière naturelle partout où c'est possible. On devrait prévoir au moins une fenêtre ou verrière là où les malades passent plus de trois heures d'une traite et où le personnel doit travailler pendant un quart complet.

2. On doit s'occuper tout particulièrement du rendu des couleurs dans les aires critiques telles les pouponnières, les salles de rétablissement, les sections de soins intensifs et les aires de traitement des interventions traumatiques. Un éclairage inadéquat risque d'affecter les décisions concernant le traitement.

3. Éclairage souple de tâche partout où cela est nécessaire. par exemple dans la salle d'urgence, une lampe ajustable avec une ampoule incandescente à la tête du brancard peut être nécessaire lorsque l'éclairage général est trop fort pour le malade.

4. On devrait tenir compte de l'interaction entre l'éclairage et la couleur de la pièce, surtout dans les chambres sans fenêtre. On devrait éviter la réverbération des lampes fluorescentes sur les murs blancs adjacents. Il s'agit peut-être là d'un moyen permettant de réduire les maux de tête dont souffre le personnel.

5. Dans les zones où le personnel passe des quarts entiers la nuit, des ampoules "lumière du jour" ou leur équivalent pourraient être nécessaires pour éviter des maux de tête.

6. Lorsqu'on met en place les interrupteurs et prises électriques, on doit tenir compte de la circulation dans les zones spéciales telles les salles de travail et d'accouchement.

7. Dans les aires spéciales telles l'aire d'attente des salles d'opération, on doit tenir compte des besoins spéciaux du malade et du personnel. Il faut suffisamment de lumière pour le personnel, mais sans qu'elle soit assez forte pour déranger les malades.

8. Les zones de relaxation et de repas méritent une attention spéciale. Le confort et la relaxation sont des conditions importantes permettant de réaliser les objectifs de ces zones.

## CONCEPTEURS EN ÉCLAIRAGE D'HÔPITAUX - EXPÉRIENCES VÉCUES

### L'esthétique de l'éclairage d'hôpitaux

**S. Mahanti, Ing.P.,**
**D.W. Thompson Consultants Ltd., Vancouver**

Ce que nous voulons réaliser, conformément aux exigences de nos clients, c'est un éclairage fonctionnel mais esthétique dans les établissements de santé.

Il nous incombe de fournir un éclairage de haute qualité afin de permettre l'exécution de tâches très spécialisées, tout en faisant les malades se sentir chez eux (par exemple les malade dans un hôpital général, les futures mères et les enfants critiquement malades, etc.), qui doivent utiliser ces espaces à un moment de leur vie qui, pour la personne moyenne, est une expérience traumatisante.

Cet exposé présente la manière dont ces objectifs ont été appliqués dans quatre hôpitaux qui viennent d'être achevés dans la région de Vancouver. Il s'agit d'un hôpital de soins aigus (Lions Gate Hospital), un centre d'urgence pour la région du Grand Vancouver (Vancouver General Hospital) et deux hôpitaux de soins tertiaires (Childrens Hospital et Grace Maternity Hospital).

En commençant par les malades non critiques, nous examinons

Diapositive 1

Unité de tête de lit et lampe à incandescence au-dessus du malade, dans une salle d'urgence.

Diapositive 2

Aire des malades critiques. Centre d'urgence au V.G.H. - éclairage dans l'aire des traumas, où on exécute toutes les fonctions critiques, y compris les interventions chirurgicales mineures.

Diapositive 3

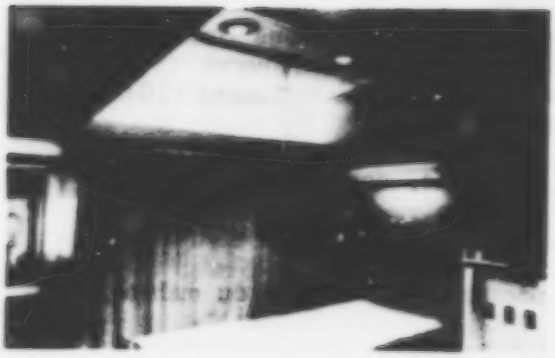
Section de soins intensifs d'un hôpital général. Le principe adopté ici est celui de l'éclairage au-dessus du lit (ou lampe à la tête du lit) avec des lampes vers le haut et vers le bas. Les sources d'éclairage pour l'examen sont à incandescence; l'une à l'extrémité supérieure du lit, et l'autre à l'extrémité inférieure du lit.

Diapositives 4 et 5

Section de surveillance cardiaque au V.G.H. À cause de la surveillance constante que doit exercer le personnel infirmier, cette section comporte

1

2



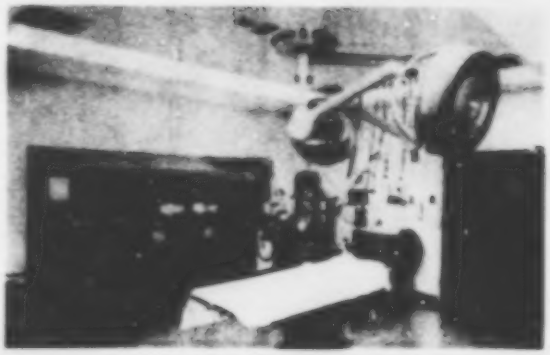
3

4

5

6

7



8

9

10

11

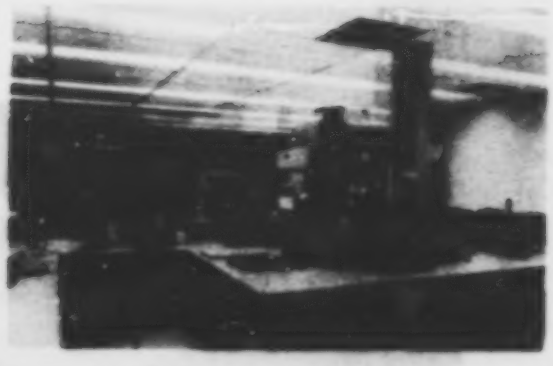
12

13

14

15

16



17

18

19

20

21

22

beaucoup de vitrage. L'éclairage devait donc correspondre à des conditions d'éblouissement. Pour y parvenir, nous avons employé une lampe du type réflecteur parabolique à faible éblouissement. Nous retrouverons ce même principe lorsque nous examinons les postes des infirmières.

Diapositive 6

Une autre aire des malades critiques au Childrens Hospital; ce sont les salles d'EEG. Celles-ci utilisent un éclairage incandescent de faible niveau, commandé par des commutateurs individuels.

Diapositives 7, 8 et 9

Les salles d'opération doivent permettre un éclairage général de très bonne qualité ainsi que des sources ponctuelles sur la table. Nous montrons ici trois salles d'opération différentes dans un hôpital de soins aigus ou généraux, ainsi que des salles opératoires spéciales au Childrens Hospital. Toutes les lampes utilisées dans ces salles d'opération comportent une correction des couleurs.

Diapositive 10

Salle de convalescence au Childrens Hospital.

Diapositive 11 et 12

Nous passons maintenant à la section infantile de soins spéciaux au Childrens Hospital, pour les bébés critiquement malades. Du point de vue des services, il s'agit ici d'une aire à technologie de pointe. Notons l'emplacement des lampes au-dessus des bassinets. Une commutation à niveaux multiples est également prévue à la console murale.

Diapositives 13, 14 et 15

Éclairage dans une salle de radiologie au V.G.H., kiosque de commande pour la salle de l'analyseur tomographique informatisé au Childrens Hospital, où un éclairage de bas niveau est nécessaire pour les ordinateurs.

Diapositives 16 et 17

Laboratoire - il faut un éclairage de bonne qualité générale partout dans le laboratoire. Laboratoire de soins aigus au Lions Gate Hospital. Laboratoires au Childrens Hospital/Grace Hospital.

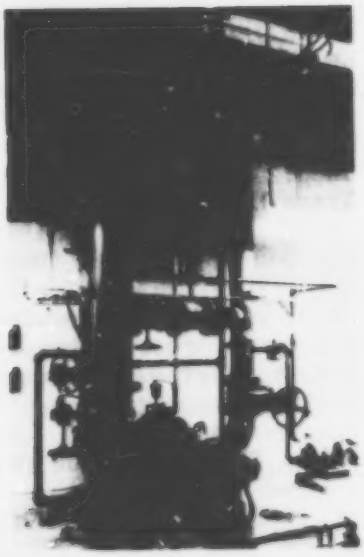
Diapositive 18

Morgue d'un hôpital de sons aigus. Là encore, nous avons utilisé des lampes à correction de température de couleur.

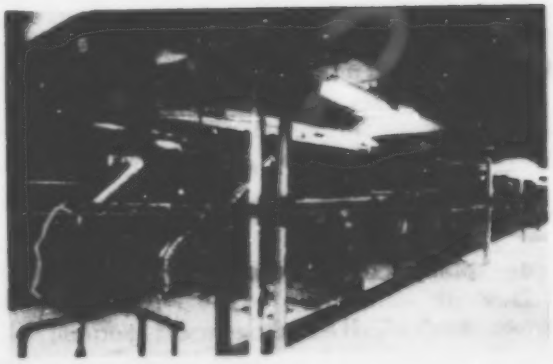
23

24

25



26



27

28

29

Diapositives 19, 20, 21 et 22

Les espaces de circulation prévus à l'hôpital servent à de multiples fins. Le déplacement des malades sur brancard est un facteur clé lorsqu'il s'agit de déterminer un bon éclairage. Nous donnons ici, à titre d'exemple, diverses solutions que nous avons trouvées à cette fin.

- Éclairage régulier de type corridor au Childrens Hospital
- Éclairage ordinaire de type corridor au V.G.H.
- Éclairage de corridor de type à compensation, au moyen de lampes à réflecteur parabolique, au Lions Gate Hospital
- Éclairage de corridor indirect à la section des soins intensifs du Lions Gate Hospital

Diapositive 23

Le défi que l'on nous a posé lors de la conception du Grace Maternity Hospital était de concevoir une pièce où devaient se faire tant le travail que l'accouchement. Nous avons essayé de combiner l'atmosphère d'un éclairage "domestique" avec un éclairage du type "salle d'opération haute technologie". Salle d'accouchement/travail à risque élevé, au Grace Hospital.

Diapositives 24, 25, 26 et 27

Nous passons maintenant des aires de soins des malades aux aires utilitaires, c'est-à-dire les salles d'équipement. Ici, il s'agit de lire des compteurs et des étiquettes et d'avoir un éclairage adéquat aux fins de l'entretien.

- Salle électrique principale au V.G.H.
- Salle des chaudières au Lions Gate Hospital
- Salle de l'équipement ancillaire - pompe d'incendie au V.G.H.
- Éclairage interstitiel de plancher au V.G.H.

Diapositives 28 et 29

Le stationnement représente une autre fonction utilitaire.

- Stationnement au L.G.H.
- Stationnement au Childrens Hospital

Diapositives 30, 31, 32 et 33

Les postes des infirmières présentent toujours une vaste gamme de tâches d'éclairage: tâches générales, rédaction des chartes, lecture des écrans cathodiques.

- Postes des infirmières du Childrens Hospital

- Postes des infirmières de la sec. de surv. card., V.G.H.
- Postes des infirmières de la sec. de surv. card., V.G.H. (utilisant des lampes du type à réflecteur parabolique pour réduire l'éblouissement)

- Postes des infirmières des salles de repos dans l'aire psychiatrique, V.G.H.

Diapositives 34 et 35

Les aires d'attente doivent impressionner le visiteur tout en le mettant à l'aise.

- Salle d'attente des enfants au Childrens Hospital/Grace Hospital

- Aire d'attente des adolescents au Childrens Hospital/Grace Hospital

Diapositive 36

Vu que le personnel d'un hôpital travaille généralement dans des conditions d'éclairage fort, il nous semble qu'il leur faut un changement lorsqu'il s'agit de se reposer un peu. Une cafétéria du personnel avec un mélange de lampes fluorescentes et à incandescence orientées vers le bas, et avec une commutation à plusieurs niveaux, offre cette relaxation pour le personnel, le jour ou la nuit.

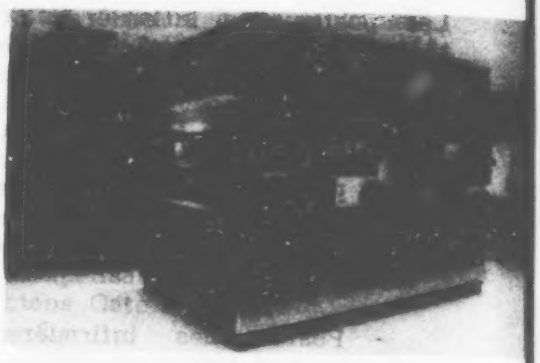
Diapositives 37, 38 et 39

Les entrées d'un hôpital sont une source de confusion pour le visiteur moyen. Au Centre d'urgence du V.G.H., nous avons utilisé un mélange de lampes fluorescentes et à sodium à haute pression pour donner une notion d'orientation. Les lampes fluorescentes guident le visiteur vers le triage, où les lampes à sodium à haute pression orientées vers le bas assurent un bon éclairage général.

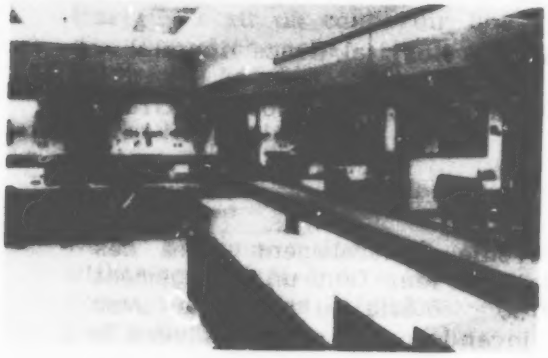
Diapositives 40, 41 et 41

Foyers principaux - nous avons essayé de déroger à l'atmosphère typiquement clinique de ce genre de foyer, pour créer une atmosphère chaleureuse et accueillante pour les malades et les visiteurs. Foyer d'entrée du Childrens Hospital. Foyer supérieur du Lions Gate. Foyer principal du Lions Gate.

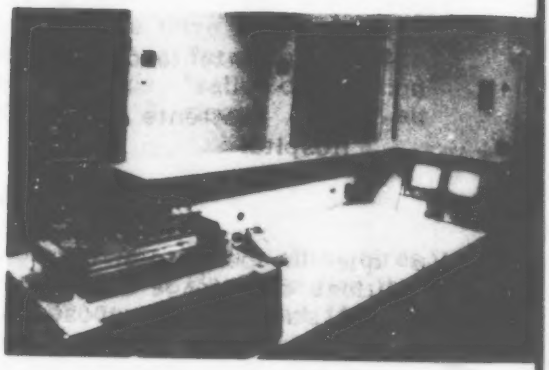
30



31



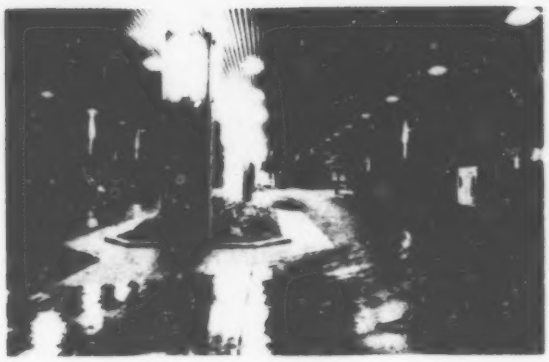
32



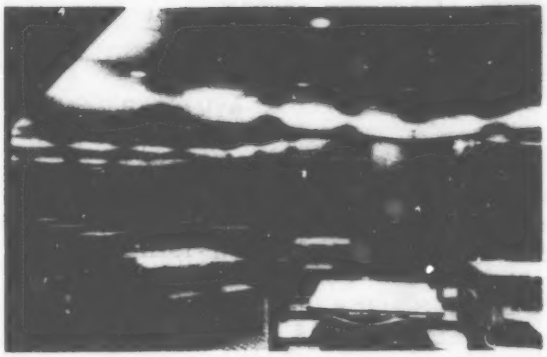
33

34

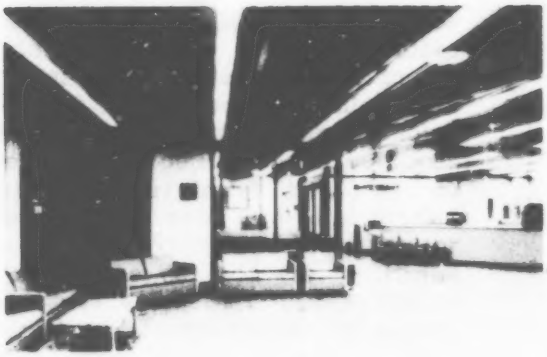
35



37

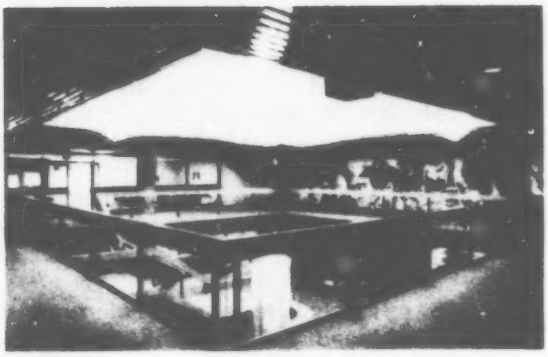


36

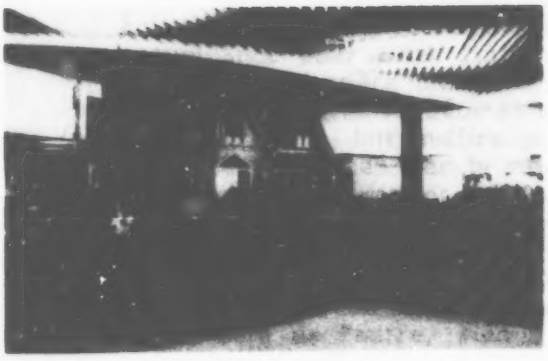


39

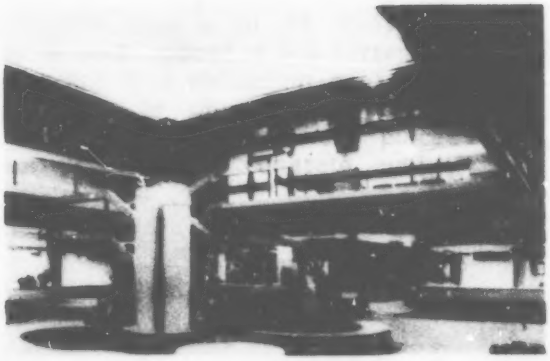
38



41



40



42

# L'ÉCLAIRAGE POUR LES MALADES

**N. Leipciger, Ing.P.,**
**Okins, Leipciger, Cuplinskas, Kaminker & Associates Ltd.**
**Toronto, Ontario**

Sommaire

Lorsqu'on dit "éclairage pour le malade", on pense généralement à l'éclairage au-dessus du lit des malades adultes confinés au lit. Cependant, l'âge des malades à la section pédiatrique est très différent de ceux à la section gériatrique; certains sont immobilisés dans des lits ou des chaises roulantes, tandis que d'autres ont toutes leurs facultés ambulatoires; leur état mental varie, pouvant aller d'un état normal à une dépression sévère; ils peuvent avoir besoin de soins cardiaques ou alors de soins minimes; leur séjour peut être de quelques heures, comme dans le cas des interventions chirurgicales d'un jour, ou de quelques jours dans le cas des patients ayant subi une intervention chirurgicale facultative, tandis que d'autres devront peut-être rester dans un établissement de santé pendant le reste de leur vie. Chaque catégorie de malades a des besoins différents en matière d'éclairage et occupe une aire différente lors du séjour dans l'établissement de santé. L'éclairage doit donc répondre aux besoins précis de ces malades. Nous examinerons quelques-uns de ces besoins ainsi que certaines solutions.

Examinons d'abord les besoins d'un malade immobilisé au lit dans un hôpital de soins aigus. Nous savons que la plupart des endroits où se trouvent les lits recevront une certaine lumière du jour, car depuis longtemps on considère que les fenêtres sont un élément essentiel pour l'orientation et le bien-être mental de la personne. Néanmoins, l'éclairage joue un rôle important dans l'espace qui entoure le malade. Examinons donc les besoins dans une salle de soins généraux.

Les principaux besoins concernent l'éclairage général, des lampes pour la lecture et le visionnement de la télévision, qui occupent aujourd'hui une forte proportion du temps des malades.

Éclairage permettant aux médecins d'examiner le malade et éclairage de surveillance pour aider l'infirmière à déterminer l'état et les besoins du malade. La lumière dans l'aire du malade doit avoir une bonne couleur pour que l'on puisse déterminer toute anomalie dans l'aspect du malade, et l'éclairement doit suffire pour permettre au patient de lire, tout en permettant l'examen par le médecin et l'infirmière; cependant, il ne doit pas déranger le patient lui-même ni son voisin dans le lit d'à côté. Le problème de la réverbération des lits sur le mur opposé a été fortement réduit au cours de ces dernières années, grâce à la réduction des salles publiques ou à lits multiples. Aujourd'hui, la plupart des pièces contiennent un ou deux lits et les deux lits sont généralement placés l'un à côté de l'autre, bien que des concepteurs aient constaté qu'il y

aurait peut-être un certain avantage, sur le plan espace et circulation, à placer des lits, contre les murs opposés d'une pièce à deux lits.

Dans les salles de soins généraux, les besoins d'éclairage ont été comblés au moyen de quelques-uns des éléments suivants, utilisés seuls ou en combinaison (deux ou trois éléments). Le moyen le plus courant est la lampe de lit montée au mur, généralement une lampe fluorescente. Une lampe ajustable d'examen médical, généralement à incandescence, qui peut être montée sur le mur en permanence ou être intégrée à la lampe de lit, ou encore être une lampe portative que l'on peut insérer dans le porte-tige de la télévision sur le lit; des lampes d'examen montées au plafond, soit fluorescentes soit à incandescence (quartz), placées au-dessus du lit, et une lampe générale montée au plafond, qui peut, elle aussi, être fluorescente ou à incandescence.

L'élément monté sur le mur au-dessus du lit a généralement deux lampes qui fournissent la composante vers le haut ou indirecte de l'éclairement. Cette composante dans une pièce à un seul lit fournit 50 à 100 lux d'éclairement général; elle est très appréciée du malade et de ses invités, puisqu'elle donne une lumière douce, non gênante et diffuse. La composante vers le bas fournit l'éclairement nécessaire pour la lecture et l'examen médical. En règle général, la composante vers le bas est bien protégée par un écran et la distribution est concentrée directement sous l'élément, ce qui fournit un éclairement de 450 à 300 lux à la tête du lit, comme l'illustre la transparence de la figure 1.

Les valeurs sont indiquées à titre de comparaison seulement et ne sont pas nécessairement représentatives, puisqu'on ne connaît pas l'âge des lampes ni le type de programme d'entretien. Dans cette figure, on voit comment le niveau de lumière tombe de 450 lux à 150 lux au bout de 1 mètre. Cependant, il est très difficile pour un malade de rester couché à l'horizontale pendant très longtemps; nous inclinons donc la tête du lit de 250 mm et l'éclairement sur le coussin passe à 500 lux, comme l'indique la figure 2.

Si cela semble être une amélioration, qu'arrive-t-il cependant lorsque nous ajoutons un malade à ce lit? Eh bien, nous constatons que le texte de lecture normale est déplacé à environ 1 mètre du mur, comme l'indique la figure 3. Le niveau résultant est donc de 250 lux. Il s'agit là d'un éclairement adéquat pour une personne âgée de moins de 45 ans et ne souffrant d'aucun problème de la vue. Élever la lampe à environ 1,8 mètre au-dessus du plancher permet d'améliorer l'éclairement de façon marginale. À mesure que nous inclinons davantage le lit, la situation empire, comme le montre la figure 4.

Lors de la rédaction de cet exposé, j'ai demandé à Murray Springthorpe, de l'hôpital général de Scarborough, la permission de faire quelques mesures et de prendre des photos de l'élément éclairant au-dessus du lit afin d'illustrer les conditions susmentionnées.

"C'est drôle, dit-il, j'ai découvert ce problème il y a de nombreuses années, et je travaille depuis quelque temps à concevoir une lampe de lit". Il m'amena dans son bureau et sortit un dossier, épais de 10 cm, contenant de la correspondance avec des avocats de brevet, des dessins, des esquisses et de nombreuses factures payées. Quelle coïncidence! Il aménagea sans tarder une lampe identique et un lit pour faire des mesures.

La figure 5 présente les lectures d'éclairement. En déplaçant la lampe jusqu'à 330 mm du mur, on augmente l'éclairement de la tâche de 250 à 500 lux, tandis que dans la position plus inclinée (voir la figure 6) l'éclairement passe de 200 lux (figure 4) à 420 lux. Dans les deux cas, le déplacement de la lampe pour l'éloigner du mur entraîne une nette amélioration.

La lampe peut être ajustable afin que l'on puisse faire varier de zéro à 400 mm sa distance au mur. J'espère que Murray poursuivra ses efforts ... à l'avenir tout le monde exigera peut-être des lampes "Springthorpe"!

Les diapositives suivantes illustrent ce qui précède.

La diapositive 1 montre la maquette avec le lit en position plane. Dans cette position, la lampe au mur est montée 1,5 mètre au-dessus du plancher. La diapositive 3 montre le lit en position mi-élevée, tandis que la diapositive 4 le montre entièrement levé, soit en position quasi assise. la diapositive 5 montre la lampe au mur; une seule lampe sur la diapositive 6 montre l'élément éloigné du mur de quelque 330 mm avec les deux lampes allumées.

Les quelque diapositives suivantes présentent une tentative de résoudre le problème relatif à l'emplacement de l'élément éclairant. Cette aile de l'hôpital est réservée aux soins prolongés. Dans ce cas, les lampes sont montées dans un lambrequin au-dessus du lit, avec, en dessous, un écran en acrylique. La commutation de la lumière se fait à la porte et au lit. Les lampes placées à la tête du lit fournissent un éclairement général et de la lumière pour la lecture, plutôt que d'être placées au centre de la pièce, où le patient serait forcé de regarder la lumière en face. Une lampe murale Luxo est prévue pour les travaux minutieux au lit ou dans la chaise ainsi qu'aux fins des examens. La diapositive 7 présente une salle à deux lits avec des lampes au plafond et des lampes de lecture/examen Luxo. Il faut remarquer que le code Z32.2 - "Utilisation de l'électricité dans les aires de soins aux malades", article 5.6.2, ne permet pas l'emploi de lampes du type Luxo, à moins qu'elles ne soient conformes aux normes d'équipement électromédical ACNOR C22.2 125. Dans les provinces qui adoptent ce code il sera donc interdit d'utiliser cette lampe. En Ontario, l'édition suivante du Code de sécurité électrique a adopté de nombreuses mesures du code Z32.2 mais il a omis la restriction relative aux lampes Luxo.

Autre caractéristique très importante de ce genre de dispositif d'éclairage: la tige de la télévision, qui est généralement fixée à un coin du cadre de tête du lit, n'entrave pas l'élément éclairant lorsqu'on lève le lit.

La diapositive 9 montre la lampe de nuit en luminosité maximale. La lumière est allumée à la porte et réglée au lit au moyen d'un rhéostat.

Aujourd'hui, les hôpitaux généraux fournissent une vaste gamme de services, dont certains étaient encore il y a quelques années fournis dans des établissement spécialisés et des sanatoriums. Parmi ces soins, on compte les soins cardiaques, les soins psychiatriques, les soins pédiatriques ou gériatriques, et ainsi de suite.

Les quelques diapositives suivantes montrent la diversité des besoins ainsi que les solutions adoptées pour certains d'entre eux.

Voici quelques diapositives qui présentent diverses solutions concernant les sections des soins critiques et des soins cardiaques. La diapositive 10 montre à quel point le mur du lit risque de devenir encombré; il faut alors avoir recours à des lampes montées au plafond avec une lampe d'examen montée au mur, comme l'indique la diapositive 11.

La diapositive 12 montre une section de soins critiques avec une lampe au-dessus du lit et deux lampes d'examen réglables au-dessus du lit, montées au plafond. Les lampes d'examen sont commandées par un rhéostat.

Les diapositives 13 et 15 présentent une pièce dans une section psychiatrique où l'on s'est efforcé de rendre la pièce plus chaleureuse en utilisant un ameublement et un éclairage semblables à ceux d'un hôtel. On espère que ce genre de milieu causera moins de stress chez le patient que la section standard de soins généraux.

De même, les diapositives 16 et 17 montrent un dortoir à l'hôpital infantile Bloorview où des enfants risquent de passer de nombreuses années. Ici, la pièce a davantage l'air d'une chambre typique d'adolescent, bien que cette chambre-là soit particulièrement bien rangée.

Dans cet hôpital, les patients passent relativement peu de temps dans leurs chambres; d'autres aires ont donc reçu un traitement pour en faire des "espaces de séjour" pour les patients. Par exemple ce corridor (voir la diapositive 19), qui représente bien tous les autres corridors des chambres, ressemble davantage à une chambre qu'à un corridor, avec des projecteurs pour les aires d'affichage et un éclairage sous lambrequin pour augmenter l'intérêt et le contraste.

La diapositive 20 présente une autre salle intéressante: la salle de jeu, où l'on a prévu un éclairement élevé d'environ 1 000 lux.

La diapositive 21 montre le corridor de transition entre l'aile hospitalière/résidentielle et l'aile-école. Ce couloir joue le rôle d'une "rue"avec des arbres et des lampadaires pour souligner la séparation qu'il y a entre l'hôpital (la résidence) et l'école.

La diapositive 22 présente une salle de classe type. Plusieurs étudiants dans cet établissement ont des problèmes de vue; on a donc fourni un éclairement de 1 500 lux. Le même principe a été appliqué à l'espace de bibliothèque; la diapositive 23 montre l'éclairage naturel fourni par une série de verrières, tandis que la diapositive 24 montre l'effet combiné de l'éclairage naturel et fluorescent.

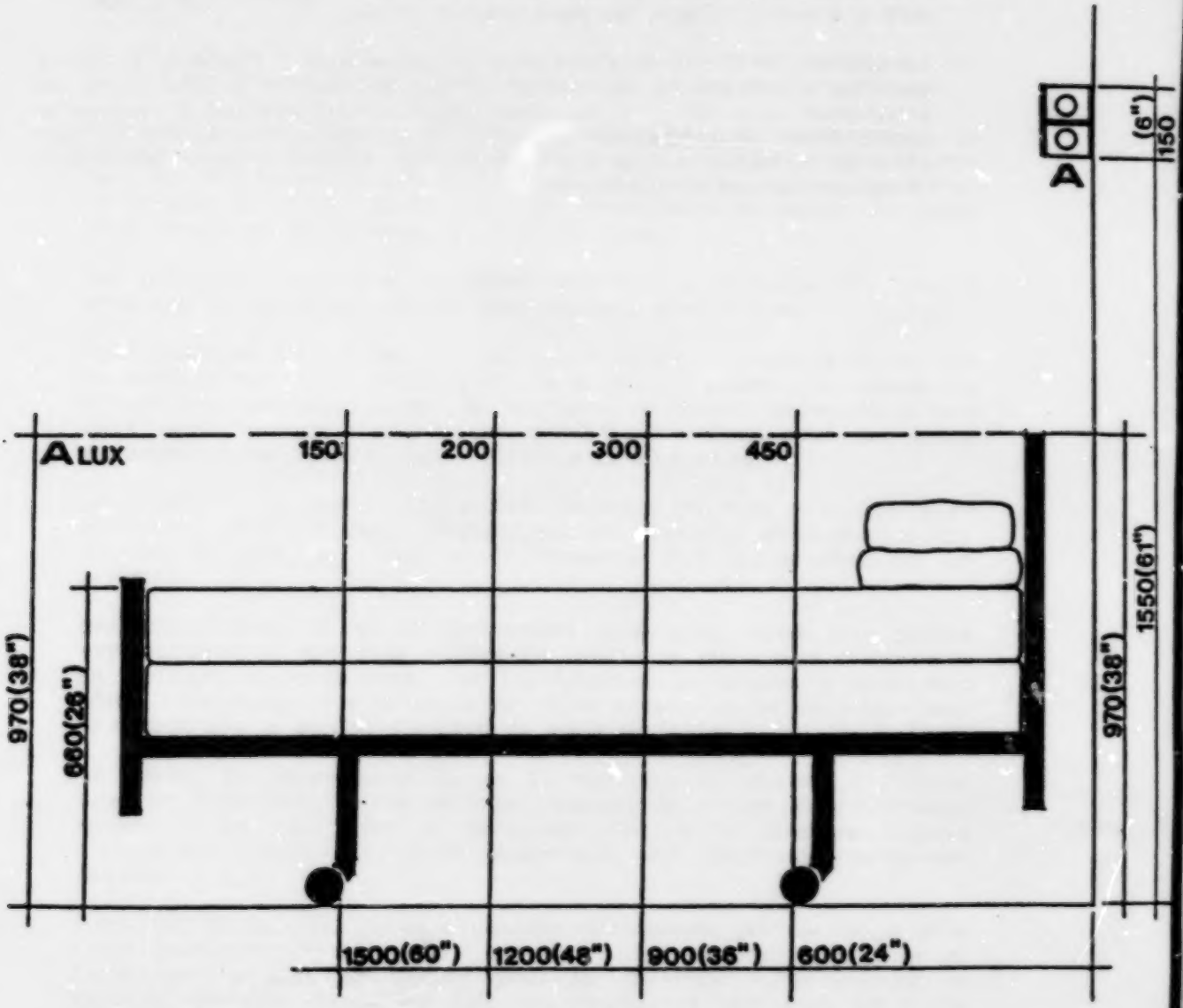



Figure 1 CONCENTRATION DE 300-450 LUX À LA TÊTE DU LIT

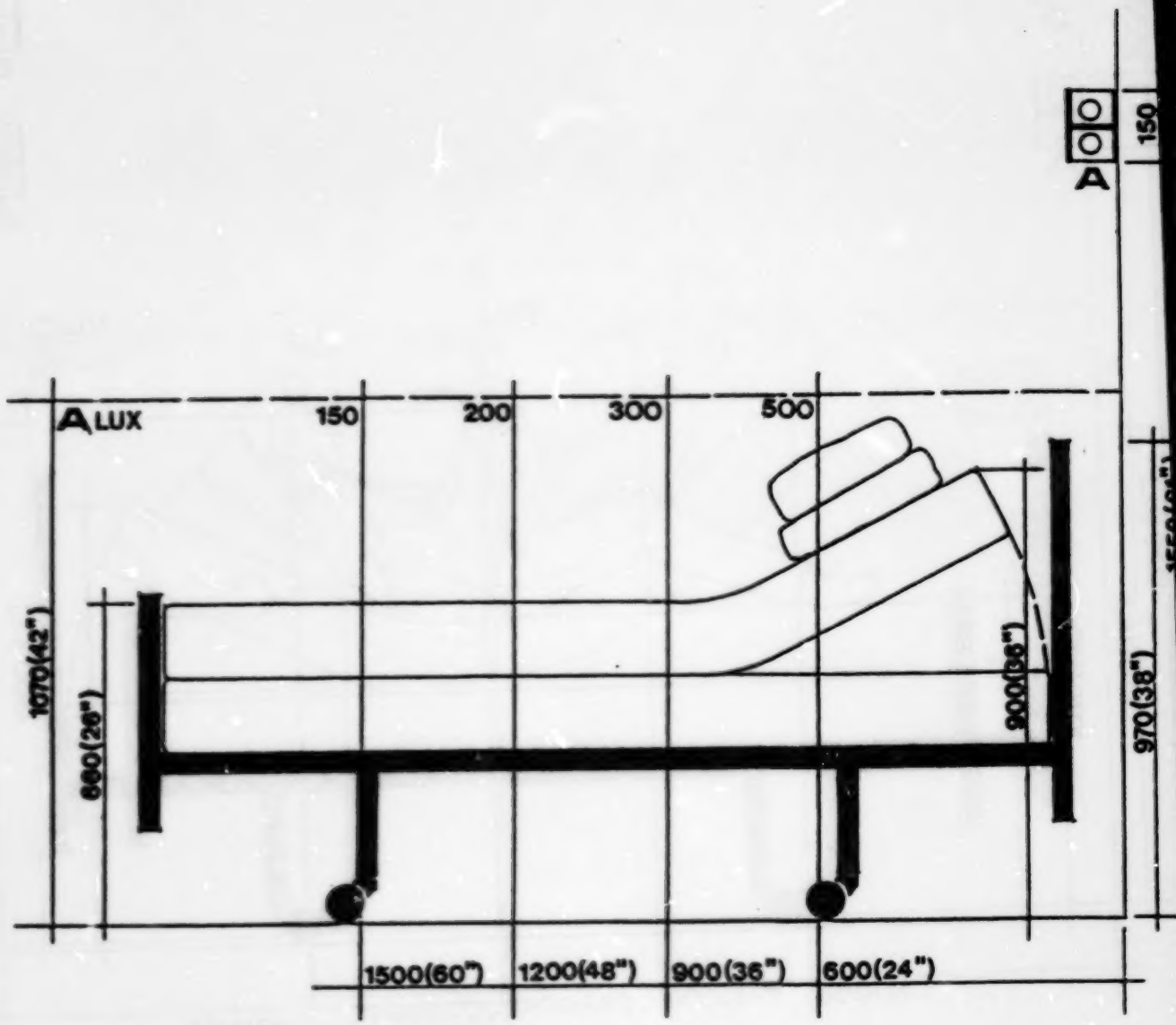



Figure 2 AUGMENTATION EN LUX DE 500 AVEC AJUSTEMENT DU LIT

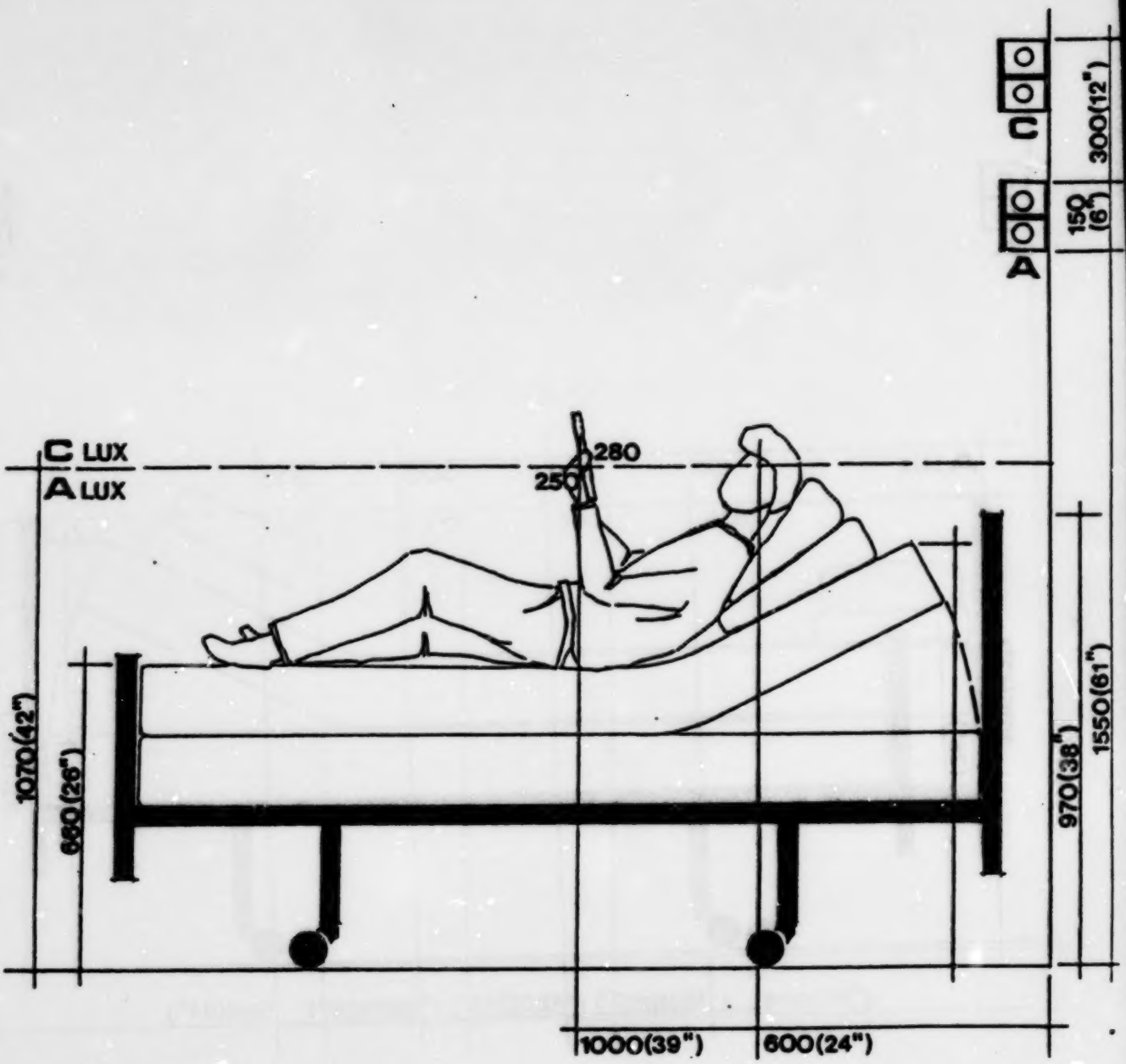



Figure 3 MATERIEL DE LECTURE TENU À APPROX. 1 METRE DU MUR

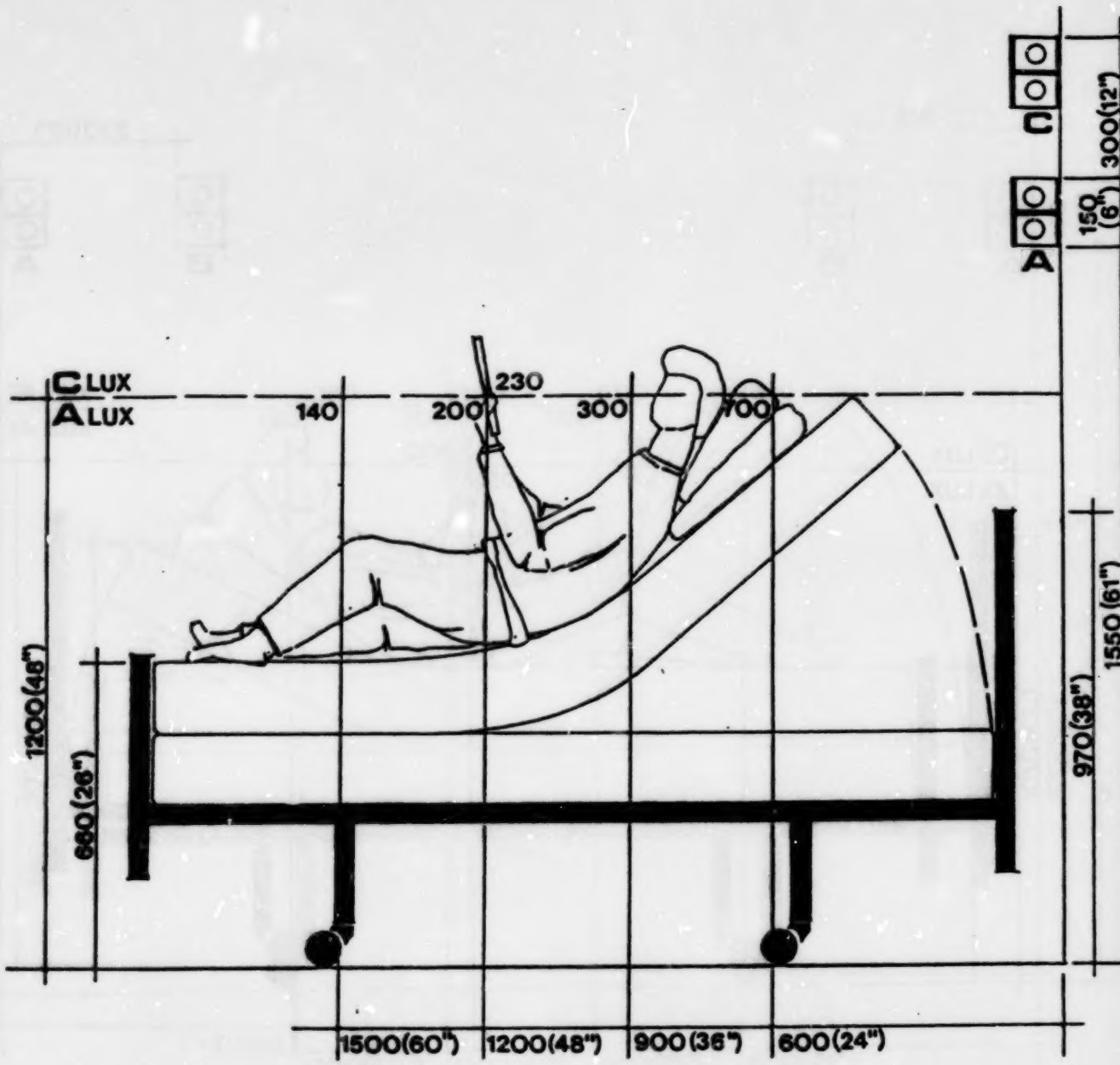



Figure 4 APPAREILS Ã 1.8 METRES AVEC AUTRES AJUSTEMENTS AU LITS

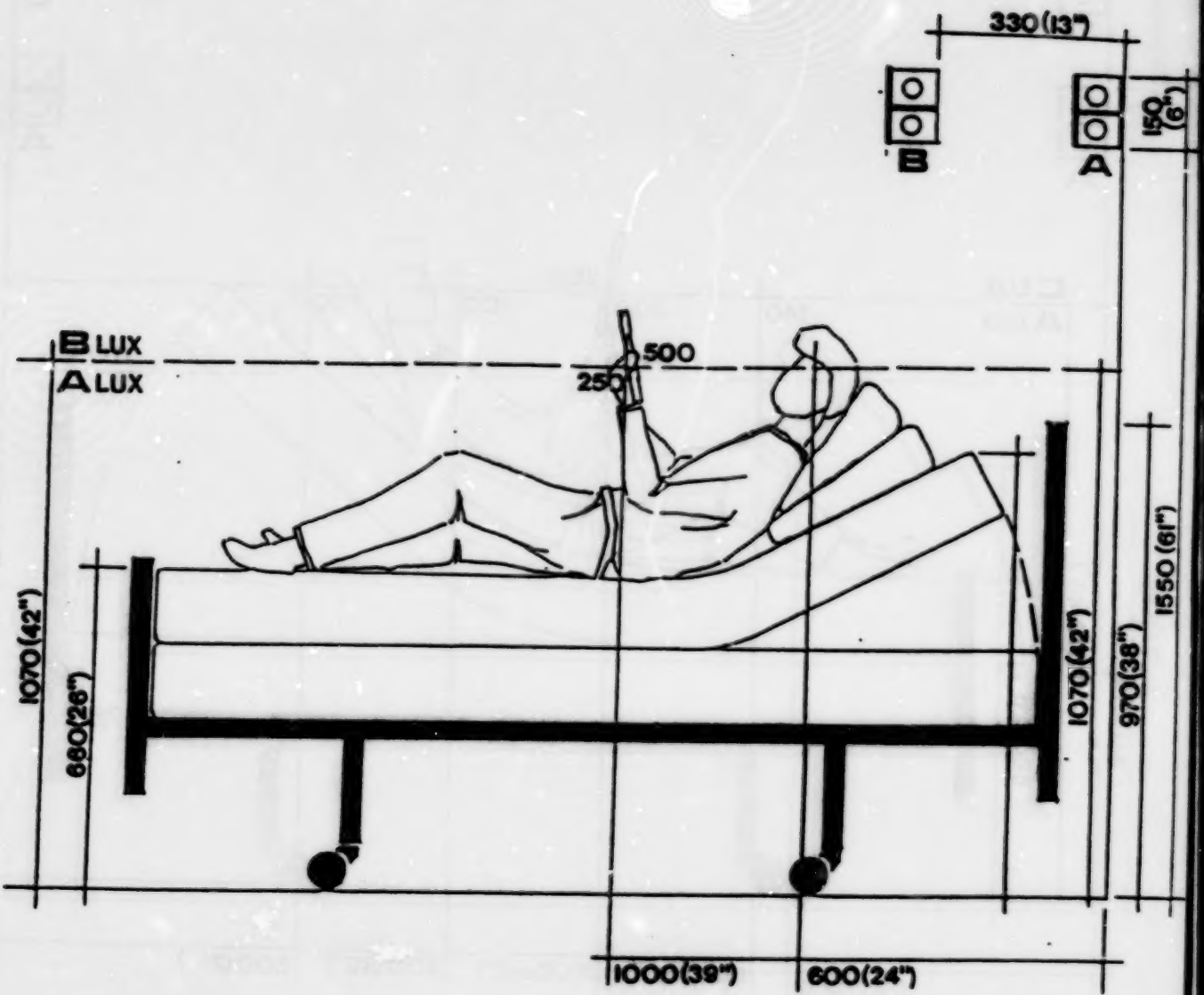



Figure 5 INDICATIONS DE L'ECLAIREMENT

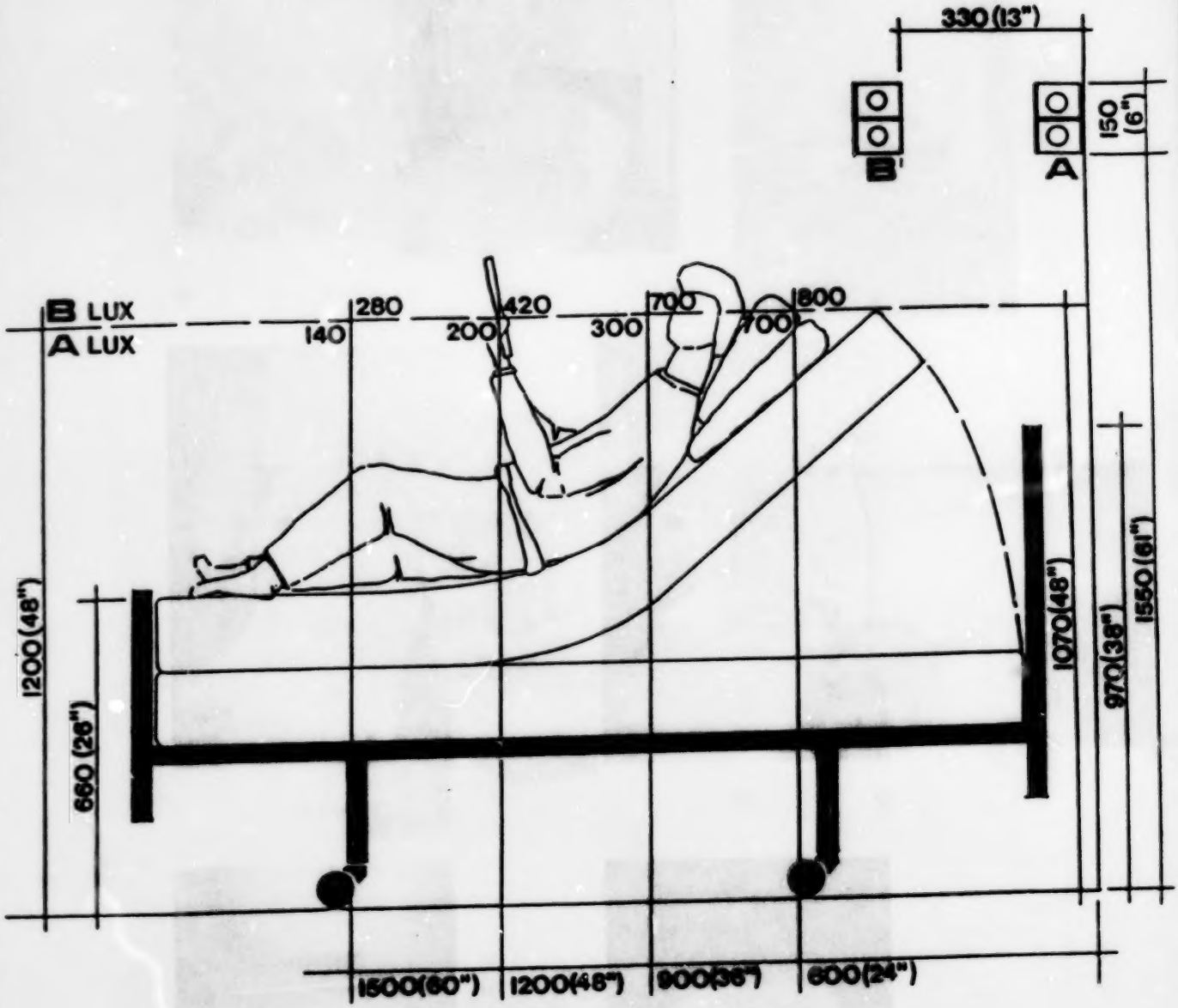
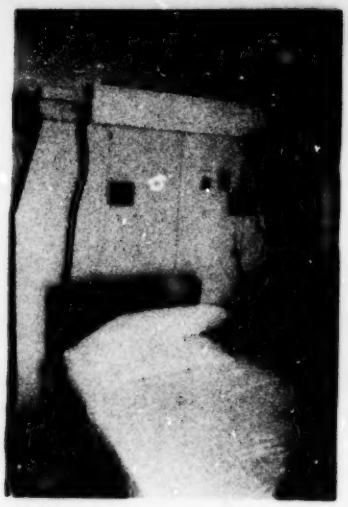
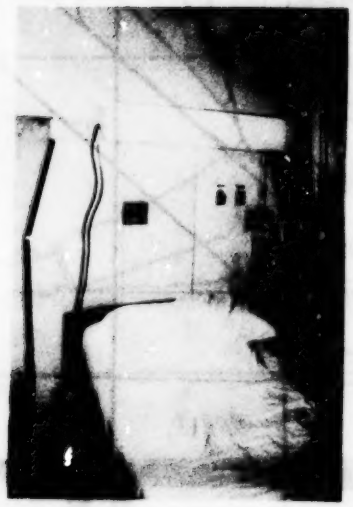



Figure 6 EN AVANCANT L'APPAREIL VERS C'EXTÉRIEUR, ON AUGMENTE CE LUX PAR 200-250

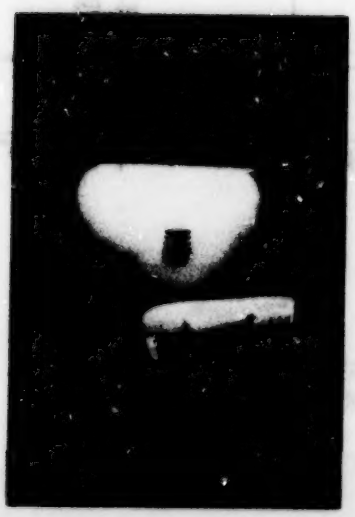


1

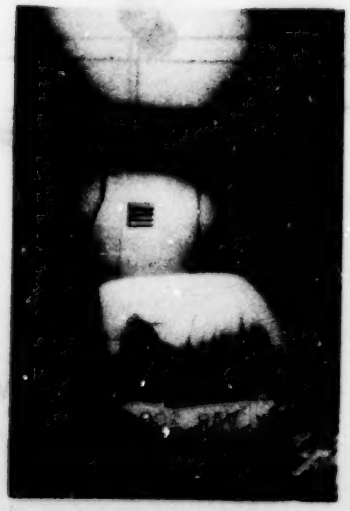


2

3



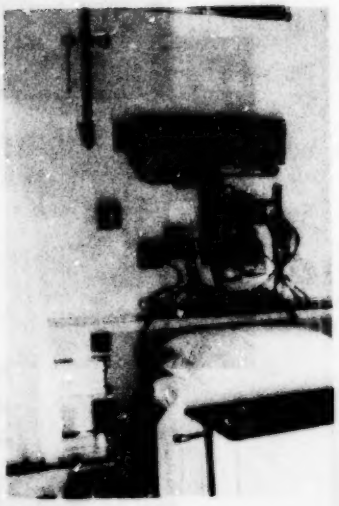
4



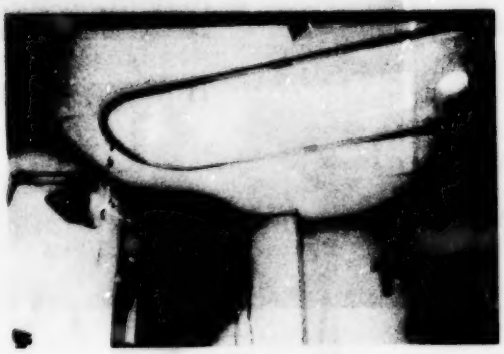
5

6

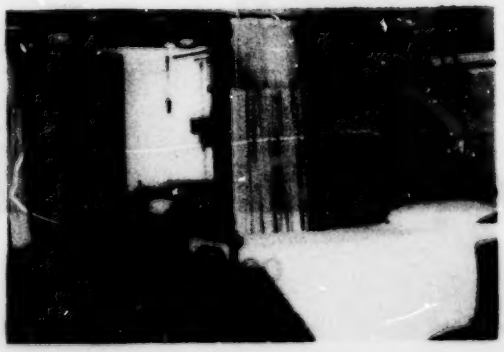
7



8



9

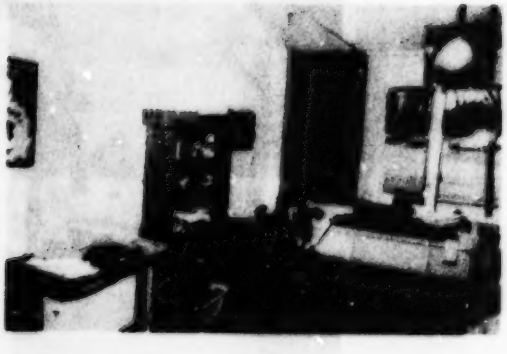


10

11

12

13

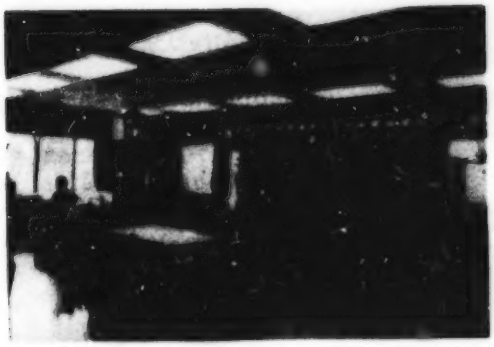


14

15

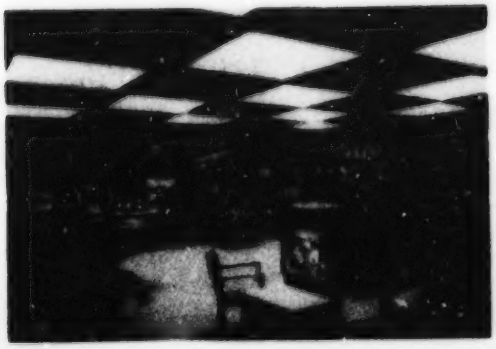
16

17



18

19



20

# DESIGN D'ÉCLAIRAGE

**K. Loach, Ing.P.,**
**H.H. Angus & Associates Ltd.,**
**Toronto**

## Introduction

De plus en plus, on se rend compte que l'éclairage n'est pas seulement une discipline de technogénie, mais aussi un art merveilleusement subtile et riche.

En tant qu'art, l'éclairage d'aujourd'hui, combiné à de nouveaux types de sources d'énergie lumineuse, de luminaires et de techniques, permet d'accentuer de manière plus subtile l'éclairement des hôpitaux et, en fait, de tous les espaces qu'utilisent les gens.

## Critères de Conception d'éclairage

1. Besoins d'information visuelle des diverses activités:
   - Faut-il de la lumière pour voir des détails critiques?
   - S'agit-il de lumière à des fins décoratives?
   - S'agit-il d'un éclairage pour des machines?
   - Quel est le degré d'exigence de la tâche visuelle?
   - Quelles sont les exigences architecturales et décoratives et les limitations en matière de construction?
2. Clarté
3. Atmosphère
4. Couleur
5. Productivité
6. Efficacité-coût
7. Potentiel d'utilisation de lumière naturelle
8. Facilité d'entretien
9. Rendement énergétique élevé
10. Options conformes aux règles de l'art

## Considérations relatives à la conception d'éclairage dans les hôpitaux

1. Tâches visuelles devant être exécutées

   - Importance et niveau de détail de la tâche particulière, du point de vue de la rapidité et de la précision nécessaires sans fatique démesurée.

   - Sur la personne qui exécute la tâche

   - Sur la tâche elle-même
     Exemple: Lorsque les niveaux qu'exige la tâche sont élevés, comme en chirurgie, il devrait y avoir trois zones d'éclairage
     - l'éclairage le plus élevé dans le champ opératoire
     - un niveau plus bas sur la table d'opération qui l'entoure
     - un éclairage périphérique tangentiel au mur

2. Aspect que l'on veut donner à l'espace

3. Restriction énergétique

   - Le ministère de la Santé de l'Ontario recommande 22 watts/mètre$^2$

   - L'expérience montre que ces 22 watts/mètre$^2$ peuvent être réduits davantage (entre 15 watts/mètre$^2$ 17 watts/mètre), en fournissant tout simplement un éclairage de tâche au moyen de sources lumineuses à rendement énergétique élevé, et de ballasts à bobine froide, à vie utile double et haut rendement énergétique.

### 3.1 Recommandations de conception visant à réduire la consommation d'énergie

Utiliser, dans la conception, uniquement des sources lumineuses efficaces

- fluorescentes
- (des lampes de 4 pi-0 po et 3 pi-0 po seulement)
- lampes à décharge à haute intensité:
  mercure
  à halogénure métallique
  à sodium à haute pression (uniquement lorsqu'on utilise des couleurs terreuses)

#### Rétro-installation

À cette fin, on devrait considérer des lampes fluorescentes à wattage réduit, du type à sortie de 70% et 50%.

3.2 Facteurs de réflexion des surfaces

80% - 90% pour les plafonds
50% - 60% pour les murs
20% - 40% pour les planchers
25% - 45% pour l'ameublement et l'équipement (mat)

3.3 On devrait choisir les luminaires en fonction de leur rendement, de leur répartition photométrique, de leur facilité d'entretien et de leur coût.

Par exemple, un luminaire fluorescent à deux lampes large de 12 po n'a qu'un rendement de 63%.

Par contre, un luminaire fluorescent à deux lampes large de 20 po a un rendement de 73%.

3.4 Prévoir des ballasts à bobine froide, à vie utile double et haut rendement énergétique.

| Luminaire | Ballasts fluorescents standard | Ballasts fluorescent économes d'énergie |
|---|---|---|
| Une seul lampe | 48 | 41 |
| Deux lampes | 90 | 82 |
| Trois lampes | 142* | 126* |

*Deux ballasts/luminaire

3.5 Prévoir un commutateur local dans toutes les pièces.

3.6 La commutation devrait permettre trois niveaux d'éclairement, dans la mesure du possible (c'est-à-dire luminaire fluorescent à trois lampes).

3.7 Système d'éclairage naturel.

4. Restriction économique

Concepts de design d'éclairage

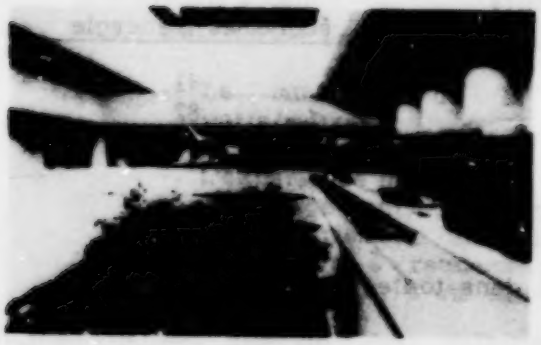
Diapositive 1

Aire d'attente

1. Conception générale d'éclairage

1

2



3

4

5

2. Facteurs de réflexion:
   Plafond - concept ouvert, avec des déflecteurs verticaux suspendus
   Mur - coquille d'oeuf
   Plancher - moquette brun clair

3. Maintien du niveau d'éclairement de 220 lux

4. Source:
   - Lampe à mercure à correction de couleur - 3 000 K
   - Ballast enclos

5. Vie utile de la lampe - 24 000 heures

6. Luminaire:
   - Cylindre fermé suspendu

7. Urgence:
   - Prise secondaire sur le ballast

Diapositives 2 et 3

Éclairage d'atrium

1. Conception/tâche générale d'éclairage

2. Facteurs de réflexion:
   Plafond - verre 10%
   Murs - coquille d'oeuf
   Plancher - fini bois

3. Maintien du niveau d'éclairement de 220 lux

4. Source:
   - lampe à mercure à correction de couleur - 3 000 K
   - ballast enclos

5. Vie utile de la lampe - 24 000 heures

6. Les luminaires sont placés directement au-dessus des escaliers (lumière réfléchie)

7. Urgence:
   - prise secondaire sur le ballast

8. Pendant la journée, on met les luminaires hors-tension pour économiser de l'énergie et profiter de la lumière naturelle du jour.

Diapositive 4

Aire d'attente

1. Éclairage général/éclairage d'accent

2. Facteurs de réflexion:
   Plafond - concept ouvert, avec déflecteurs verticaux suspendus
   Murs - coquille d'oeuf
   Plancher - moquette brun clair

3. Maintien d'un niveau d'éclairement de 220 lux; des poches d'illumination par des verrières fournissent un niveau d'éclairement supérieur.

4. Préoccupation sur le plan de la conception - simulation de ces effets le soir.

5. Luminaire - lampe nue

6. Sources:
   - lampe à mercure à correction de couleur - 3 000 K
   - montage éloigné
   - à incandescence - fournit un rapport de 3:1

Diapositive 5

Aire d'attente

1. Conception générale d'éclairage

2. Facteurs de réflexion:
   Plafond - plafond linéaire métallique
   Mur - foncé/bois
   Plancher - bois foncé

3. Source:
   - fluorescente - blanc chaud

4. Lentilles opales:
   - excellent aspect
   - rendement médiocre

5. Niveau d'éclairage 220 lux

Alternatives - Décharge à haute intensité

Diapositives 6 et 7

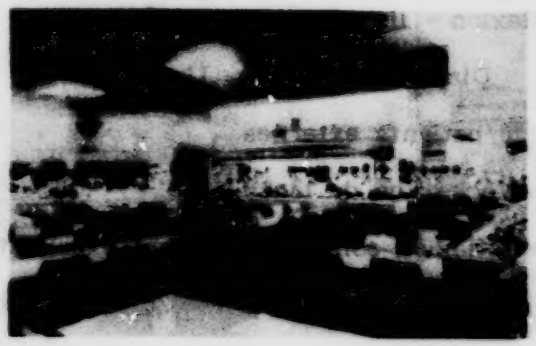
Entrée principale (hôpital général de Toronto)

1. Éclairage général/éclairage d'accent

2. Facteurs de réflexion - assez bons

6

7



8

3. Maintien d'un niveau d'éclairage de 220 lux

4. Sources:
   - lampe à mercure à correction de couleur - (3 000 K)
   - fluorescente (blanc chaud)
   - combinaison à incandescence/fluorescente à basse tension, montée sur rail (vie utile plus longue de la lampe)

5. Luminaires:
   - luminaires à mercure encastrés
   - luminaire spécial conçu pour le foyer principal

6. Urgence:
   - fluorescente
   - décharge à haute intensité

7. Énergie:
   - on met les luminaires hors-tension pendant la journée pour profiter de la lumière naturelle du jour

Diapositive 8

Cafétéria

1. Éclairage de tâche - cela revient à fournir de la lumière là où elle est nécessaire

2. Valorise l'espace où l'on prend les repas

3. Source:
   - fluorescente - (blanc chaud)

4. Luminaires:
   - fluorescents encastrés

5. Facteurs de réflexion - ils ne sont pas idéaux

Diapositives 9, 10, 11 et 12

Postes des infirmières/patients externes

1. Éclairage général/éclairage de tâche

2. Les facteurs de réflexion sont généralement excellents

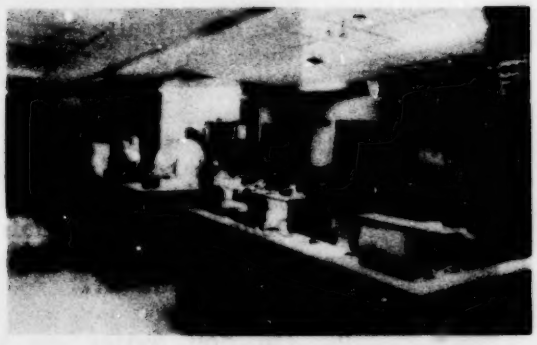
3. On maintient un niveau d'éclairage de 320 lux, avec 750 lux sur la tâche.

   - l'éclairage fluorescent au plafond assure l'éclairage général

9

10

11



12

13

14

- un éclairage fluorescent sous le comptoir assure l'éclairage de tâche. Les luminaires ne devraient pas se trouver en ligne de vue directe du patient

- utiliser uniquement des luminaires de 4 pi-0 et 3 pi-0 lorsqu'on installe des lampes fluorescentes sous les armoires murales

- les corridors adjacents devraient posséder un éclairage de transition - à un niveau plus élevé au courant de la journée, et commuté pendant la nuit

Urgence:
- les luminaires au poste des infirmières devraient se trouver à l'état "urgence"

Diapositive 13

Traitement d'urgence

1. Pour le traitement d'urgence, il faut prévoir un éclairage général avec un éclairage supplémentaire au-dessus de la table.

Diapostive 14

Section des soins intensifs

1. Dans ce cas, l'éclairage devrait permettre à l'observateur de noter chaque petit détail. La commutation des luminaires devrait se faire à partir du lit.

2. On doit éviter un éclairage où prédomine n'importe quelle couleur qui risque de fausser la teinte du patient.

3. On devrait considérer des lampes comportant une amélioration des couleurs.

4. L'éclairage général doit pouvoir être baissé au moyen d'un rhéostat, les luminaires étant disposés de manière à éviter l'éblouissement.

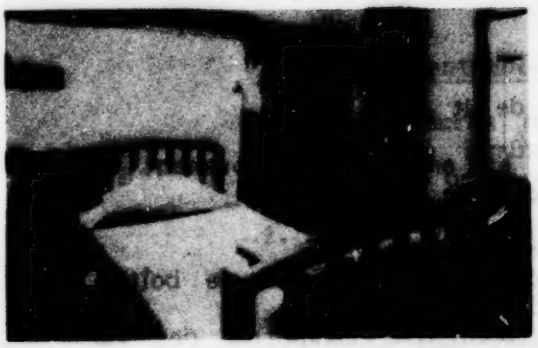
5. Cette conception utilise des verres #12 standard en acrylique.

Alternatives:

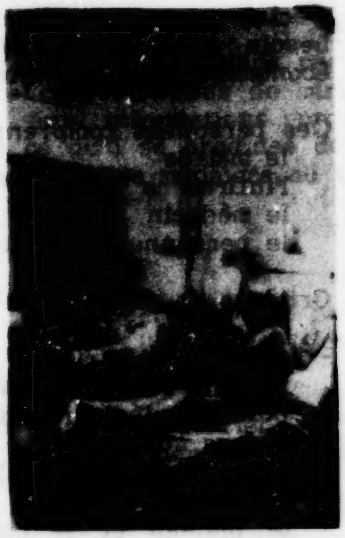
Emploi éventuel de paraboliques avec base en acrylique (⅛ po x ⅛ po x ⅛ po). Excellent résultats lorsqu'on est en train d'utiliser les moniteurs.

Diapositives 15, 16 et 17

Salles-dortoirs

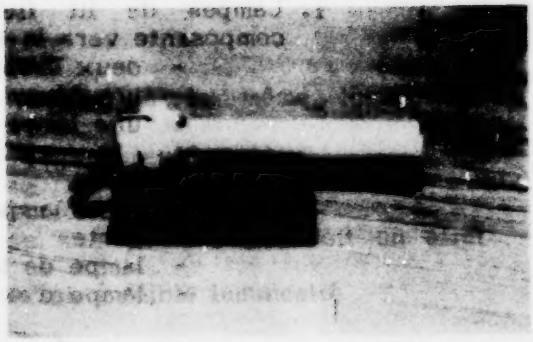


15



16

17



18

1. Quatre questions fondamentales

1. L'éclairage de la chambre des malades doit concilier le besoin d'éclairage qu'ont diverses personnes à divers moments, et le besoin de fournir cet éclairage de manière aussi simple et économique que possible.

Ces personnes comprennent:
le malade
l'infirmière
le médecin
le personnel de ménage

2. Critères de conception des lampes de lit

- plateau électrique enfichable et amovible, comprenant le ballast, les porte-lampes et le câblage
- boîtier extérieur à charnières
- verres supérieur et inférieur en acrylique
- on doit pouvoir enlever le plateau électrique et le boîtier externe sans devoir se servir d'outils
- le plateau et le boîtier ne doivent pas comporter des vis relâchées ou des accessoires mal serrés
- le luminaire doit être bien construit

3. Conception

1. Lampes de lit fluorescentes montées au mur, avec une composante vers le haut et une autre vers le bas
   - deux lampes fluorescentes - indirect
   - une lampe fluorescente pour la lecture
   - une lampe pour les examens médicaux

Commutation:
- deux lampes pour éclairage indirect, commutées à la porte
- lampe de lecture commutée auprès de la lampe de lit
- lampe d'examen commutée

Diapositives 16 et 17

Lampe d'examen utilisée en tant que lampe de lecture. Pratique non recommandée.

4. Administration - (Nouveau problème)

- bureaux en général
- bibliothèque
- admission
- archives médicales
- postes des infirmières

Éclairage pour les machines - (éclairage pour écran à rayon cathodique)

L'écran cathodique fonctionne comme un miroir. Il réfléchit tout ce que l'on pourrait voir si l'écran était remplacé par un miroir standard. La superposition de ces réflexions de miroir sur un écran, alliée aux textes ou aux informations provenant de l'ordinateur, peut contribuer à ce qu'il se produise des erreurs, de la fatigue oculaire et une performance médiocre au travail.

Solutions éventuelles:

1. Placer l'écran de manière que l'opérateur ne voie aucune superficie lumineuse telle que les fenêtres, les surfaces brillantes ou chromées, etc.

2. Placer des cloisons portatives derrière l'opérateur. Cependant, les cloisons ne devraient pas avoir des configurations contrastantes.

3. Ajouter des filtres par dessus l'écran cathodique.

4. Les luminaires doivent avoir une faible luminosité (footlamberts) afin qu'ils ne soient pas réfléchis par l'écran sous forme de points lumineux.

Solution éventuelles pour l'éclairage

Éclairage indirect (tout le plafond a la même luminosité)
- décharge à haute intensité
- lampe fluorescente encastrée dans l'ameublement

Luminaires directs à faible luminosité
- paralumes paraboliques (½ po x ½ po x ½ po) soit un effet éventuel de "cave"
- chemins lumineux encastrés Alzak à faible luminosité

Les niveaux d'éclairage doivent être adéquats pour toutes les tâches à exécuter.

5. Hôpitaux existants: (Conservation de l'énergie)

Remplacement des lampes au-dessus du malade

Diapositive 18

Nouvelles lampes fluorescentes qui remplacent les lampes à incandescence de 60 watts: voir ci-après.

| Lampe | Indice de Rendu des Couleurs | Production de Lumens | Watts de La Lampe | Vie Utile de La Lampe |
|---|---|---|---|---|
| PL7 | 82 | 400 | 7 | 10 000 |
| PL9 | 82 | 600 | 9 | 10 000 |
| PL13 | 82 | 900 | 13 | T10 000 |

3. Lampe au-dessus du malade

Nouvelle lampe fluorescente SL 18

| Fluorescente | | À incandescence |
|---|---|---|
| SL 18 120 V | Information | 60 A - 120 V |
| Fluorescente | Principe technique | Filament chauffé |
| 18 (total) | Wattage nominal | 60 |
| Supérieur à 7 500 | Vie moyenne (heures) | 1 000 |
| 900 | Lumens produits | 862 |
| 50 | Efficacité (lumens par watt) | 14,4 |
| 2 700 | Température de couleur (Kelvin) | 2 650 |
| Moyenne | Base | Moyenne |
| Prismatique | Fini ampoule | Intérieur opalisé |

Conclusion

Le conseiller en éclairage pour les hôpitaux a aujourd'hui une liberté considérable dans le choix des solutions à adopter.

Puisque les systèmes d'éclairage sont conçus pour l'oeil humain, le concepteur d'éclairage doit s'efforcer en permanence de savoir ce que les gens perçoivent réellement, tenant compte de ce qu'ils voient effectivement et de l'influence que leur intelligence et leur expérience ont sur la vision.

# EXEMPLES D'ÉCLAIRAGE D'HÔPITAUX

**John Chandler, B.Arch., Associé,**
**Bregman & Hamann Architects and Engineers,**
**Toronto**

Jusqu'au milieu des années 60, la conception des hôpitaux au Canada était régie par deux facteurs: le besoin d'accueillir de vastes aires réservées aux soins infirmiers des convalescents, et l'exigence que ces aires de convalescence soient aérées naturellement.

À cause des ces contraintes, les hôpitaux ont acquis diverses configurations comportant des ailes de soins infirmiers longues et étroites. La largeur de ces ailes dépassait rarement cinquante pieds, et la circulation était assurée par un seul corridor central. L'un des avantages de cet agencement était que la lumière solaire et une vue vers l'extérieur étaient fournies dans la plupart des aires de l'hôpital.

Vu qu'il y a très peu de différence physique entre les diverses aires de l'hôpital, et puisque le choix de matériaux et de lampes appropriés pour un usage hospitalier était si limité, on tendait à concevoir toutes les aires de ces hôpitaux en lui imprimant toujours un style "institutionnel". On ne faisait guère attention au fait que les diverses fonctions d'un hôpital moderne exigent des solutions différentes en matière de conception d'éclairage.

Vers le milieu des années 60, à cause d'un certain nombre de facteurs, cet état de choses a connu une évolution rapide au Canada. L'ambula peu après une intervention chirurgicale, ainsi que les interventions chirurgicales entièrement achevées en une seule journée ont fortement réduit la durée moyenne de séjour dans les hôpitaux. Allié à la découverte de nouvelles méthodes chirurgicales, ce facteur a entraîné un déclin relatif du nombre de lits réservés aux soins actifs ainsi qu'une forte augmentation du nombre de lits réservés aux soins tertiaires ou spéciaux, dans les hôpitaux.

Plus récemment, la mise au point de nouveaux procédés médicaux tels les ultrasons et la médecine nucléaire ont fortement majoré les aires de diagnostic des hôpitaux. Combinés à la décision de climatiser totalement les hôpitaux, ces changement technologiques et de politique ont fortement modifié la conception des hôpitaux. Les contraintes de l'aération naturelle n'étant plus applicables, les plans des hôpitaux sont devenus plus larges. Par conséquent, on fait appel davantage à l'éclairage artificiel et la nécessité d'une bonne conception d'éclairage est devenue plus évidente.

Combinés au développement récent de nouveaux matériaux de construction, sources lumineuses et luminaires, ces facteurs font que les concepteurs d'hôpitaux considèrent l'hôpital en tant que conglomérat

d'aires distinctes, où chaque aire doit accueillir des fonctions particulières exigeant des solutions conceptuelles précises. L'application universelle du style "institutionnel" n'est plus pratique ni par ailleurs souhaitable.

Les hôpitaux d'aujourd'hui contiennent des fonctions semblables à celles rencontrées dans les autres types d'immeubles; les architectes et ingénieurs conçoivent ces aires en se fondant sur l'expérience acquise dans le cadre de projets différents. Les cafétérias ressemblent davantage aux restaurants, les aires administratives ressemblent aux bureaux des sociétés, la conception des aires de laboratoire et de gestion du matériel ressemble à celle des usines de technologie de pointe, et les chambres des malades, les foyers d'accueil et les salles de garde deviennent de plus en plus semblables aux résidences étudiantes ou à des chambres de motel.

Pourtant, certaines aires restent toujours propres aux hôpitaux. Parmi celles-ci, on compte les aires de traitement et de diagnostic ainsi que les aires de soins tertiaires telles que les sections de soins intensifs, de soins coronariens et de blessures de la colonne vertébrale. Dans ces aires, le concepteur doit prévoir un éclairage permettant d'exécuter des tâches qui exigent un degré élevé d'acuité visuelle. Dans les salles d'opération, on utilise maintenant de façon générale trois sources d'éclairage: lampes fluorescentes montées au plafond avec plusieurs options de commutation; lampes à incandescence avec rhéostat pour fournir un éclairage faible de fond pour les opération où l'on doit utiliser des microscopes ou des dispositifs à fibres optiques; une ou plusieurs lampes chirurgicales avec des commandes permettant de régler la distance focale et l'intensité de la lumière.

Dans les sections de soins tertiaires avancés, on peut trouver jusqu'à sept sources d'éclairage réglables indépendamment au lit de chaque patient. En plus d'une lampe vers le haut et d'une lampe vers le bas au chevet du patient, celles-ci comprennent une veilleuse, une lampe pour l'infirmière, une lampe Luxo et deux lampes au-dessus du patient servant à des fins d'examen médical. Une de celles-ci serait une lampe fluorescente de deux pieds par quatre avec un paralume parabolique de ½ po x ½ po, surmonté d'un verre; la deuxième lampe d'examen serait une lampe à incandescence avec commande par rhéostat. La deuxième lampe, qui serait montée au pied du malade pour éviter l'accumulation de chaleur, sert à corriger les distortions chromatiques de la lampe fluorescente.

Pour des raisons psychologiques aussi bien que physiologiques, il importe de pouvoir voir à l'extérieur. Psychologiquement, les vues vers l'extérieur permettent de s'échapper de l'espace intérieur fortement structuré. Autre aspect important: ces vues permettent de s'orienter dans les très grands immeubles. Savoir où l'on se trouve est extrêmement important lorsqu'il s'agit de réduire l'anxiété des malades et des visiteurs dans un hôpital.

Afin d'admettre davantage de lumière solaire à l'intérieur des hôpitaux modernes et climatisés, il a fallu élaborer des plans d'un type nouveau. Le plan de la tour du nouvel hôpital Baycrest pour soins chroniques, à Toronto, en est un exemple. Le plan d'étage y prévoit des retraits pour réduire la longueur apparente des couloirs et pour permettre à la lumière solaire de pénétrer dans l'aire centrale. Autre exemple: le plan d'étage en trèfle du nouvel hôpital général Grace de Scarborough. Dans ce cas, les ascenseurs publics à tous les niveaux offrent des vues généreuses vers l'extérieur. De plus, les jardins placés entre les section d'infirmerie constituent des aires thérapeutiques externes et permettent à la lumière solaire de pénétrer dans la partie centrale située immédiatement derrière le puits d'ascenseur.

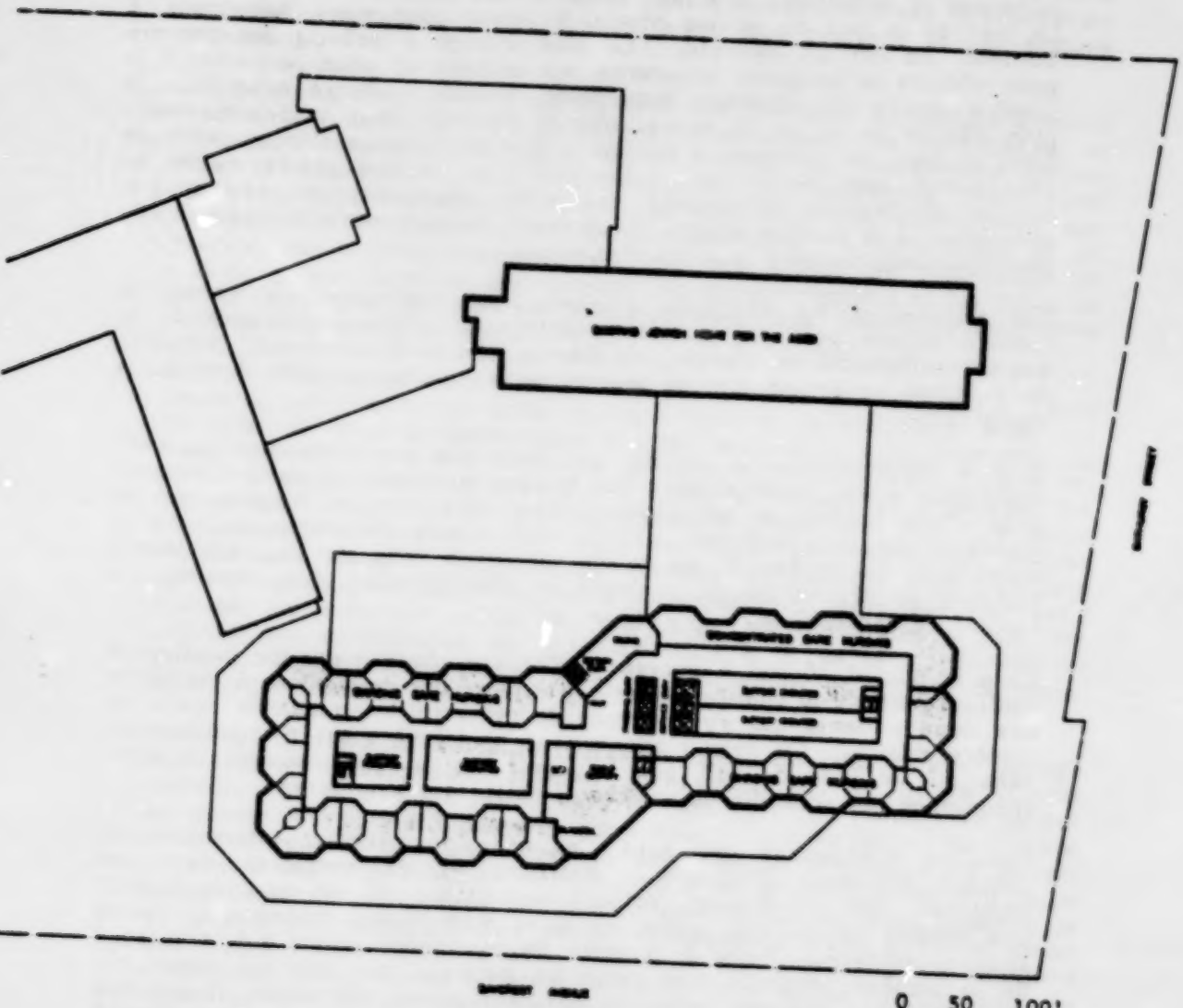
Les atriums et les verrières peuvent également servir à amener la lumière solaire vers les parties intérieures. Dans la clinique de la Société ontarienne du Cancer, au Centre médical Sunnybrook, Toronto, on a utilisé un atrium afin de fournir de la lumière naturelle à un étage souterrain.

Il y a d'autres raisons encore qui font que les vues directes vers l'extérieur soient importantes. Des études ont démontré que les malades près d'une fenêtre se rétablissent plus vite que les malades qui se trouvent loin des fenêtres. La lumière solaire réchauffe, remonte le moral et donne de l'espoir au malade immobilisé dans son lit. Elle aide à atténuer la dépression et minimise la désorientation des patients qui sortent de l'anesthésie.

Dans le nouvel hôpital Baycrest de Toronto, nous avons pu modifier la configuration de la chambre classique à deux lits de manière à permettre aux deux patients qui s'y trouvent de recevoir des quantités égales de lumière solaire. Ce nouvel agencement de la pièce est particulièrement bénéfique en vue du fait que Baycrest est un établissement de soins chroniques qui accueille de nombreux patients à long terme.

Dans de nombreuses provinces, les code du bâtiment interdisent ou limitent fortement l'utilisation d'atriums et de verrières dans les hôpitaux. Par conséquent, l'objetif souhaitable qui est celui de fournir une lumière naturelle à toutes les aires d'un hôpital moderne se trouve souvent entravé. Suite à la prise de conscience quant aux avantages de la lumière naturelle tant pour les patients que pour le personnel, nous espérons que nos codes du bâtiment seront réévalués, et que nos architectes et ingénieurs se verront confier une plus grande liberté d'action.

Ce serait là un pas dans la bonne direction vers la réalisation d'hôpitaux réellement axés sur la préservation de la santé et la valorisation de la vie.



0 50 100'

BAYCREST HOSPITAL

BAYCREST CENTRE FOR GERIATRIC CARE

Bregman + Hamann
Architects and Engineers

FIFTH FLOOR

7918 NOV. 1981

Fig. 1.

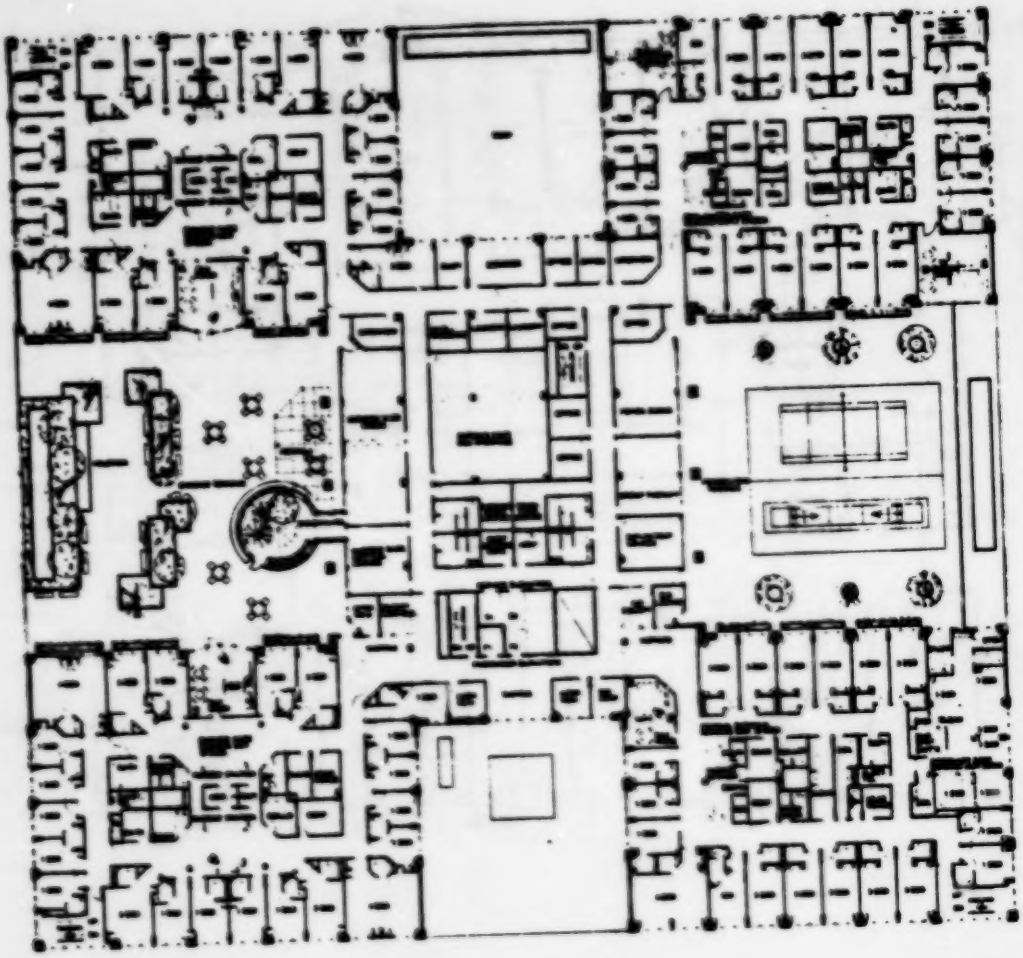
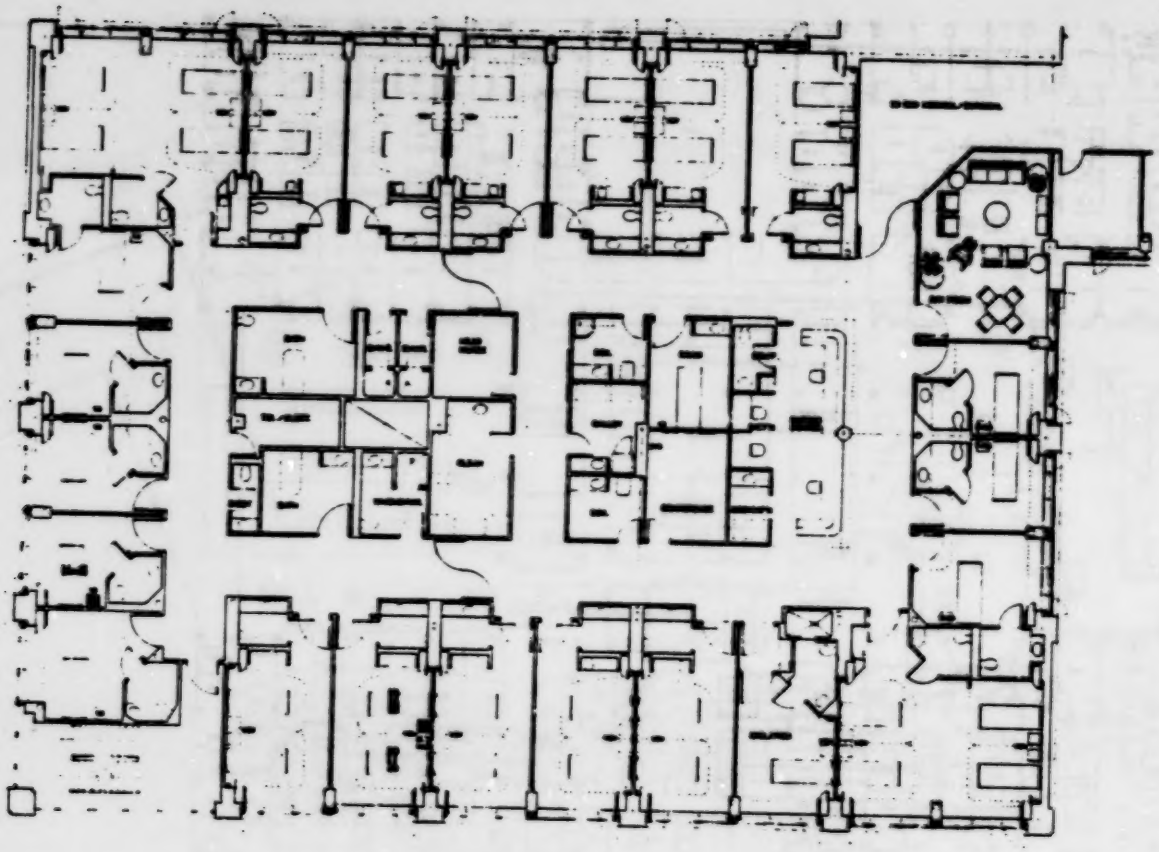

0 5 10 15 m
THE SALVATION ARMY
SCARBOROUGH
GRACE
GENERAL HOSPITAL
Bregman + Hamann
Architects and Engineers
LEVEL 3
8040 D-05

Fig. 2.



0 1 3 6 m

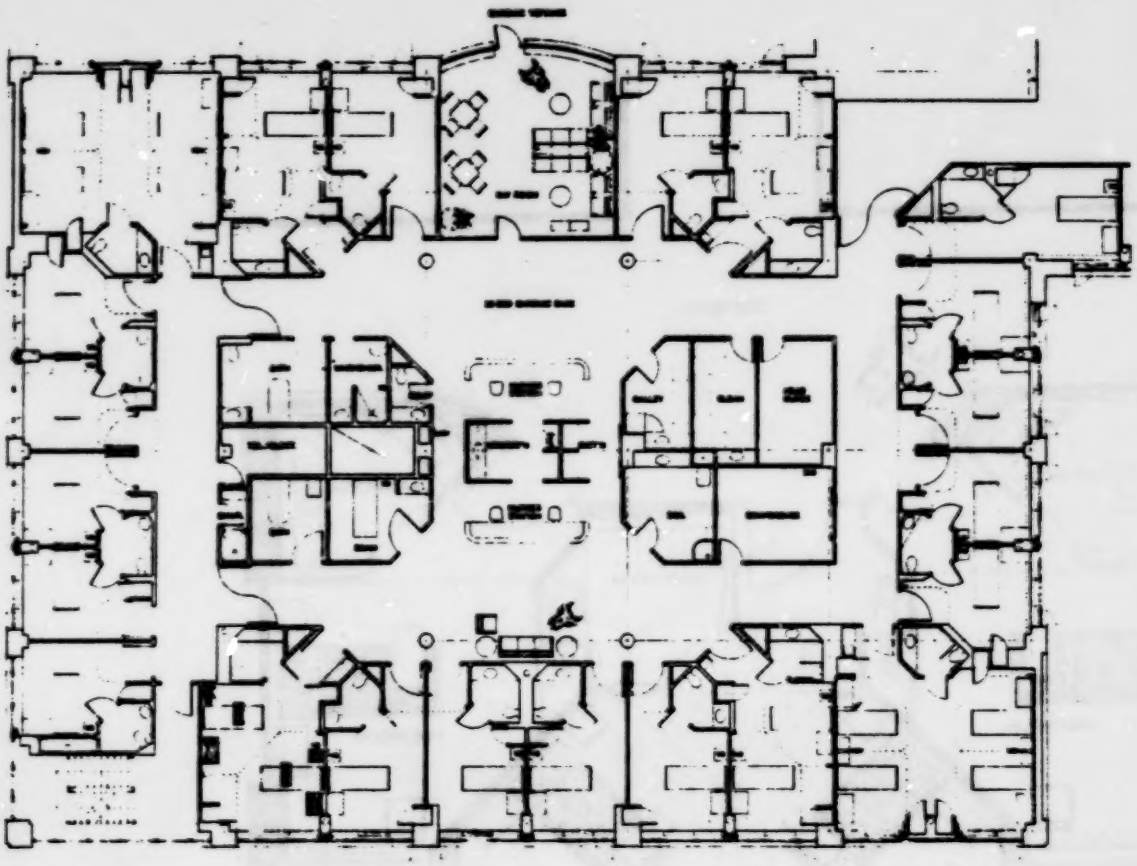
THE SALVATION ARMY
SCARBOROUGH
GRACE
GENERAL HOSPITAL

Bregman + Hamann
Architects and Engineers

TYPICAL
MED./SURG.
NURSING UNIT

8040 D-12

Fig. 3.



0 1 3 6 m

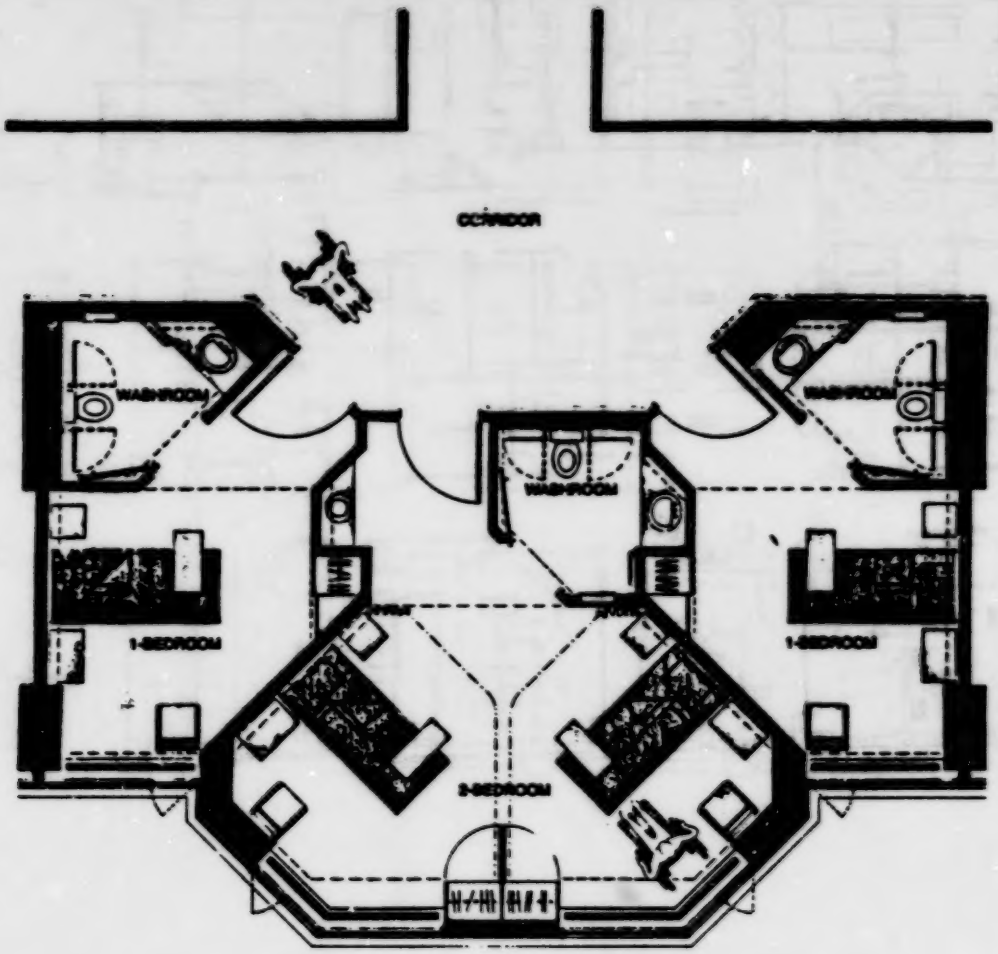
THE SALVATION ARMY
SCARBOROUGH
GRACE
GENERAL HOSPITAL

Bregman + Hamann
Architects and Engineers

TYPICAL
CHRONIC CARE
NURSING UNIT

8040 D-13

Fig. 4.




BAYCREST HOSPITAL

BAYCREST CENTRE FOR GERIATRIC CARE

Bregman + Hamann
Architects and Engineers

Fig. 5.

POOR

QUALITY

ORIGINAL